

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PATO BRANCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
CURSO DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

MARCOS VINICIUS MENGUER

**REDIMENSIONAMENTO DA CLIMATIZAÇÃO DO SETOR DE
EMBALAGEM PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA DE UM FRIGORÍFICO
DE AVES**

**PATO BRANCO
2013**

MARCOS VINICIUS MENGUER

**REDIMENSIONAMENTO DA CLIMATIZAÇÃO DO SETOR DE
EMBALAGEM PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA DE UM FRIGORIFICO
DE AVES**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Manutenção Industrial, do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Martinelli Júnior.

**PATO BRANCO
2013**

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCOS VINICIUS MENGUER

REDIMENSIONAMENTO DA CLIMATIZAÇÃO DO SETOR DE EMBALAGEM PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA DE UM FRIGORÍFICO DE AVES

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Manutenção Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luiz Carlos Martinelli Júnior
Orientador

Prof. Dr. Fabiano Ostapiv
Primeiro membro

Prof. Dr. Francisco Augusto Aparecido Gomes
Segundo membro

Pato Branco, 12 de abril de 2013

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais,
Claudimir e Rosani, e à minha esposa
Evelyn.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais e minha esposa, pelo incentivo incondicional no decorrer do curso. Por terem compreendido com paciência minha ausência em vários momentos devido aos compromissos de trabalho e de estudo.

Ao professor Luiz Carlos Martinelli Junior, pelo auxílio e presteza no decorrer deste trabalho, onde suas valiosas orientações foram de suma importância do início ao fim.

RESUMO

MENGUER, Marcos Vinícius. Redimensionamento da climatização do setor de embalagem primária e secundária de um frigorífico de aves. 2013. 64f. Monografia (Trabalho de Diplomação) – Tecnologia em Manutenção Industrial, UTFPR – Campus Pato Branco.

Este trabalho de diplomação consiste num estudo para diagnosticar o problema de temperatura e redimensionar os equipamentos de climatização dos setores de embalagem primária e secundária de um frigorífico de aves, com o objetivo de atender a norma corporativa interna de boas práticas de fabricação: Controle de Temperaturas, a qual visa manter a qualidade dos alimentos produzidos no frigorífico. Atualmente os ambientes de embalagem primária e secundária não estão em conformidade com a norma, pois a temperatura neles registrados está normalmente acima da exigida. Tendo como objetivo principal adequar a temperatura dos ambientes, foram realizados estudos do sistema de climatização existente, verificando a potência de refrigeração instalada dos equipamentos comparando-as com a carga térmica calculada do ambiente. Após o comparativo dos equipamentos instalados e da carga térmica encontrada de cada ambiente, encontram-se também sugestões para a melhoria da temperatura dos locais estudados.

Palavras-chave: Refrigeração industrial; Climatização de ambientes; Carga térmica; Qualidade na produção alimentícia.

ABSTRACT

MENQUER, Marcos Vinicius. Resizing the air-conditioning system in the primary and secondary packaging sector of a refrigerator bird. 2013. 64F. Monograph (Final Paper) – Technology in the Industrial Maintenance, UTFPR - Pato Branco Campus.

This work is a study to diagnose the problem of temperature and to perform the resizing of the air-conditioning equipment in the sectors of primary and secondary packaging of a refrigerator bird in order to meet internal corporate standards of good manufacturing practices: temperature control which aims to maintain the overall quality of the food produced in the refrigerator. Currently, these environments are not suitable to the standard procedure because the temperature recorded in them is normally above the temperature required. As a main goal, we want to adjust the temperature of the environments seeking the food quality. Studies were performed in the air-conditioning existing system, checking the cooling power of the equipment installed by comparing them with the calculated thermal load of the environment. In this study, after comparing the equipment installed and the thermal load found in each environment, there are also suggestions which improve the temperature of the environments studied.

Keywords: Industrial Refrigeration, Air-conditioning environments; thermal load; Quality in food production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais componentes de um isolamento térmico.	19
Figura 2 - Painel isolante térmico de poliuretano expandido.	22
Figura 3 - Painel isolante térmico de poliestireno.	23
Figura 4 - Planilha de verificação de temperaturas dos ambientes.	27
Figura 5- Evaporador da sala de embalagem primária	30
Figura 6– Evaporador marca Güntner, modelo AGHN.2.....	30
Figura 7 - Gráfico de monitoramento de temperatura	32
Figura 8– Vista frontal da abertura, demonstrando os pontos de leitura de velocidade e temperatura do ar de infiltração.....	37
Figura 9 - Carga térmica de aquecimento X Potência de refrigeração instalada	41
Figura 10–Gráfico comparativo das cargas antes e depois do isolamento das aberturas	44
Figura 11 - Gráfico comparativo do antes de isolar as aberturas com o depois de isoladas e com a potência de refrigeração de cada ambiente.....	45
Figura 12 - Layout com um evaporador adicional instalado.	46
Figura 13 - Gráfico comparativo de cargas do ambiente de embalagem secundária depois de isoladas as aberturas sugeridas e adicionado um novo evaporador.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Condutibilidade térmica de alguns materiais utilizados na refrigeração.....	21
Tabela 2- Limites de temperatura de cada ambiente	28
Tabela 3 - Carga térmica de transmissão	34
Tabela 4 - Carga térmica total de aquecimento devido infiltração.....	38
Tabela 5 - Carga térmica total	39
Tabela 6 - Potência de refrigeração instalada em cada ambiente.....	40
Tabela 7 – Tabela comparativa da carga térmica de aquecimento com a potência de refrigeração dos equipamentos de cada ambiente.....	40
Tabela 8 - Carga térmica total após isolamento das aberturas	43

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área
°C	Temperatura em graus Celsius
C ₂ H ₆	Etano
C _c	Calor específico do material
CH ₃ CL	Clorometano
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros quadrados
cm ³	Centímetros cúbicos
CO ₂	Dióxido de Carbono
Contec	Comissão de normas técnicas da Petrobras
C _p	Calor específico do ar
ex	Exemplo
F _d	Fator de dispersão
g	Gramas
H	Horas
%	Porcentagem
k	Condutibilidade térmica
m _c	Massa diária de embalagens
ṁ	Vazão mássica do ar
n	Número de pessoas
n ₁	Número de horas de funcionamento da iluminação
n _m	Número de horas de funcionamento dos motores
n _p	Número de horas que cada pessoa permanece no local
η	Rendimento aproximado dos motores elétricos
N ₂ O	Oxido nitroso
NH ₃	Amônia
P	Potência elétrica
ρ	Massa específica do ar
Q	Quantidade gerada de calor
q	Calor gerado por pessoa
SO ₂	Dióxido de enxofre
t _a	Temperatura do ambiente

t_e	Temperatura externa
t_{ee}	Temperatura de entrada da embalagem
t_i	Temperatura interna
U	Coefficiente total de transmissão
Vel	Velocidade do ar
V	Vazão volumétrica
Δt	Varição de temperatura
Δt_{ins}	Acréscimo de temperatura devido insolação
W	Watts
W/m^2	Watts por metro quadrado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. PROBLEMA	15
1.2. MOTIVAÇÃO	15
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo geral	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. Refrigeração industrial	17
2.2. Condicionamento de ar na indústria	17
2.3. Isolamento Térmico	17
2.3.1 Aplicações do isolamento térmico	18
2.3.2 Elementos para sistemas de isolamento térmicos	18
2.3.3 Características de um bom isolante térmico	19
2.3.4 Principais isolantes térmicos	20
2.3.5 Poliuretano expandido	21
2.3.6 Poliestireno	23
2.4. Fluidos Refrigerantes	24
2.4.1 Características de um fluido refrigerante	24
2.4.2 Amônia (NH ₃)	25
2.5. Norma Corporativa: Controle de temperaturas	26
2.5.1 Procedimentos de monitoramento e verificação das temperaturas	27
2.5.2 Controle de temperatura dos ambientes	28
2.6. Ambientes	29
2.6.1 Embalagem Primária	29
2.6.2 Embalagem Secundária	30
3. DIAGNOSTICO DE FALHA NA CLIMATIZAÇÃO	31
3.1 ANÁLISE DE TEMPERATURAS DOS AMBIENTES	31
3.2. ANÁLISE DAS CARGAS TÉRMICAS DOS AMBIENTES	32
3.2.1 Calor Transmitido Através das Paredes	32
3.2.2 Calor Cedido por Pessoas	34
3.2.3 Calor Cedido por Motores	35
3.2.4 Calor Cedido pela Iluminação	35
3.2.5 Calor Cedido pela Embalagem	36
3.2.6 Calor Devido a Infiltração	36

3.3.ANÁLISE DOS EQUIPAMENTOS INSTALADOS	39
3.3.1 Potência de refrigeração dos equipamentos instalados	39
3.3.2 Comparação Carga térmica de Aquecimento X Potência de refrigeração dos equipamentos instalados.....	40
3.4. PROPOSTAS PARA MELHORIA DA CLIMATIZAÇÃO.....	42
3.4.1 Alta carga térmica de aquecimento	42
3.4.2. Baixa potência de refrigeração.....	44
3.5. RESULTADOS.....	47
4. CONCLUSÃO	50
4.1 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	50
Referências.....	52
APÊNDICE A – CARGA TÉRMICA DE AQUECIMENTO	53
A1 – Calor transmitido através das paredes	53
A2 – Calor cedido por pessoas	55
A3 – Calor cedido por motores.....	56
A4 – Calor cedido pela iluminação.....	57
A5 – Calor cedido pela embalagem.....	58
A6 – Calor devido infiltração	60
ANEXO 1 – DESENHO DA SALA DE EMBALAGEM PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA COM A IDENTIFICAÇÃO DAS PAREDES CRÍTICAS.....	62
ANEXO 2 – ABERTURAS EXISTENTES NOS SETORES DE EMBALAGEM.....	63
ANEXO 3 – POTÊNCIA DOS EVAPORADORES INSTALADOS NA SALA DE EMBALAGEM PRIMÁRIA E NA SALA DE EMBALAGEM SECUNDÁRIA....	64

1. INTRODUÇÃO

Em geral, define-se refrigeração como o processo de redução de temperatura de um corpo, ambiente ou uma substância. A refrigeração industrial tornou-se essencial para o desenvolvimento de uma série de operações e atividades industriais, como o resfriamento de carcaças de frango e o congelamento dos mesmos. Várias indústrias utilizam a refrigeração industrial em alguns de seus processos, dentre elas envolvem-se as indústrias de bebidas, alimentícia em geral, laticínios, indústrias químicas e de pescado.

Nos frigoríficos, a refrigeração é de grande importância, observando que se trata de uma indústria de alimentos de origem animal, onde o bom condicionamento dos diferentes ambientes existentes no decorrer do processo, e a higiene pessoal, tornam-se obrigatórios devido elevadas temperaturas contribuírem com a degradação do produto e ainda com a proliferação de bactérias, deixando o produto com grave risco de contaminação e baixíssima qualidade.

A climatização dos vários setores do frigorífico visa principalmente a qualidade e conservação dos produtos, onde a carne quando exposta a temperaturas mais baixas tende a conservar seu sabor e suas características físicas por mais tempo, deixando o produto mais atraente e competitivo.

Além da qualidade a refrigeração dos ambientes também visa garantir a nocividade dos produtos nas mais diferentes etapas do processamento. Para que isso seja uma realidade nas instalações do frigorífico o setor da qualidade edita uma série de normas e regulamentos com o objetivo de garantir a qualidade destes produtos durante e após o processo. Dentre estas normas e regulamentos encontram-se as de controle de temperatura, que tem por objetivo o monitoramento das temperaturas exigidas. Para isso a equipe da Garantia da Qualidade realiza vistorias periodicamente, visando garantir a manutenção das temperaturas em todos os processos da industrialização do frango.

1.1. PROBLEMA

É direito das pessoas terem os alimentos que consomem adequados para consumo. As doenças e os danos provocados por alimentos deteriorados ou contaminados são, na melhor das hipóteses, desagradáveis, e, na pior das hipóteses, fatais. (CODEX ALIMENTARIUS, 2012)

Além disso, os consumidores atuais estão cada vez mais exigentes quando se trata de produtos alimentícios, e na hora da escolha buscam por produtos saborosos, que garantam bem estar, qualidade e saúde. Para garantir estes requisitos e ser competitivo no mercado, a empresa criou normas e regulamentos que buscam garantir a total qualidade e nocividade dos produtos. Dentre as normas do sistema de qualidade, existe a norma de controle de temperaturas, a qual especifica a temperatura dos ambientes.

A industrialização do frango é realizada em varias etapas, desde a pendura viva até o congelamento e expedição do produto, cada etapa sendo realizada em seu devido ambiente. Dentre estas etapas encontra-se a realização da embalagem do produto, que por sua vez divide-se em duas: Embalagem primária e Embalagem secundária, cada processo em seu determinado ambiente, onde os mesmos, segundo a norma, devem sempre estar com temperaturas entre 10 e 12°C. Hoje os ambientes encontram-se com temperaturas entre 13 e 16°C, o que é considerado pela norma em questão de qualidade de produção como sendo irregular.

1.2. MOTIVAÇÃO

A climatização dos ambientes nas diferentes etapas do processamento deve ser levada em consideração não apenas para cumprir as normas ou devido a fiscalização do ministério da agricultura, mas também para observar a qualidade do produto, sabendo que ela juntamente com o *marketing* da marca, são os responsáveis por atrair o consumidor. Temperaturas elevadas colaboram para a deterioração mais rápida do produto, fazendo com que o mesmo perca qualidade aumentando o risco de contaminação biológica.

Este estudo procura realizar uma avaliação dos equipamentos do sistema de climatização das salas de embalagem primária e secundária,

visando a melhoria da temperatura nos ambientes, para satisfazer a norma corporativa de qualidade: Controle de Temperaturas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é:

1 - Realizar um estudo dos equipamentos de climatização instalados na sala de embalagem primária e na sala de embalagem secundária comparando a potencia de refrigeração dos mesmos com a carga térmica total de cada ambiente;

2 - Diagnosticar a causa do problema de temperaturas elevadas nos ambientes;

3 - Propor melhorias em relação a climatização, deixando os ambientes em conformidade com a norma corporativa de boas práticas de fabricação: Controle de temperaturas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Aprofundar o conhecimento sobre a área de refrigeração industrial e climatização.
- Realizar o levantamento de cargas de refrigeração.
- Dimensionar equipamentos para climatização de ambientes industriais.
- Satisfazer normas corporativas de qualidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Refrigeração industrial

Segundo Stoecker (2002) a refrigeração industrial poderia ser caracterizada pela faixa de temperatura de operação. No limite inferior, as temperaturas podem atingir valores entre -60 a -70°C e 15°C no limite superior. Outra forma de caracterizar a refrigeração industrial seria através das aplicações. Assim a refrigeração industrial poderia ser descrita como sendo o processo utilizado nas indústrias químicas, de alimentos, de processos, indústria manufatureira e laboratório.

2.2. Condicionamento de ar na indústria

O condicionamento de ar na indústria pode ser dividido em duas categorias: conforto e industrial. Enquanto o condicionamento de ar para conforto visa as pessoas, o industrial tem por objetivo satisfazer condições de processo (STOECKER, 2002).

Como é o caso dos ambientes estudados, a climatização faz-se necessária por se tratar de produtos de origem animal, onde temperaturas elevadas contribuem para a degradação dos produtos e perda de qualidade.

2.3. Isolamento Térmico

Os isolantes térmicos são utilizados com o objetivo de reduzir as trocas de calor entre um sistema e um meio.

A função básica do isolamento térmico é retardar o fluxo de energia térmica não desejada, seja para dentro ou para fora do equipamento considerado. A eficiência do isolamento térmico é medida através de uma propriedade denominada condutibilidade térmica. Condutibilidade térmica, designada pela letra k pode ser expresso em $\text{kcal/h.m.}^{\circ}\text{C}$, significa a quantidade de calor que atravessa um cubo com um metro de lado no período de uma hora, quando há uma diferença de temperatura de 1°C entre as faces opostas. Cada material possui um valor típico de k . Os materiais com baixos valores de k são aqueles que apresentam baixa condutibilidade térmica, e,

portanto são bons isolantes térmicos. Portanto, quanto maior o número de poros do material, maior a presença de gases ou ar em seus vazios, o que reduz a transferência de calor (Bezerra, 2003).

2.3.1 Aplicações do isolamento térmico

Com ampla aplicação na engenharia, os isolantes térmicos são selecionados em função de aspectos que variam de econômicos até funcionais e inclusive de segurança. A função primária de um isolante térmico é reduzir a taxa de transferência de calor entre um sistema e o meio, de modo que a energia possa ser conservada. Para isso, partes dos sistemas térmicos devem ser revestidas com material que possua propriedades e espessura tais que a temperatura se mantenha dentro de um determinado intervalo (Torreira, 1980).

2.3.2 Elementos para sistemas de isolamento térmicos

Conforme orientações da Comissão de Normas Técnicas da Petrobrás - CONTEC N-1618c (1996), a isolação térmica de um sistema é composta basicamente de três elementos distintos:

- Isolante;
- Proteção mecânica (ou material complementar);
- Sistema de fixação (ou acessórios de montagem);

Os isolantes térmicos podem ser de três tipos:

1. Rígidos: sílica diatomácea, silicato de cálcio e espuma rígida de poliuretano;
2. Calhas Pernalonga: (peça com extremidades alongadas, contínuas ou com adição de material por meio de adesivo, para isolamento de tubulações contendo linha de aquecimento);
3. Flexíveis (ex: lã de vidro, lã de rocha e lã cerâmica);

A proteção mecânica ou material complementar destina-se à proteção do isolante contra intempéries e/ou para criar barreira de vapor (exemplo: cimentos, selantes, massas e chapas de proteção).

O sistema de fixação tem a função de facilitar a montagem e fixar os materiais isolantes e complementares (são exemplos: arames, cintas ou fitas, “clips” e selos).

Na Figura 1 podem ser observados os principais componentes de um sistema de isolamento de tubulação.

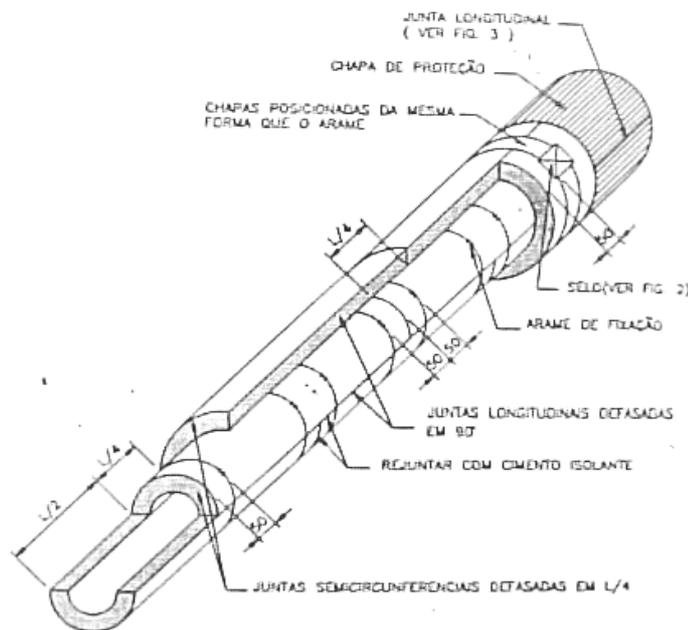


Figura 1 - Principais componentes de um isolamento térmico.

Fonte: CONTEC – Comissão de normas técnicas da Petrobras (1996)

2.3.3 Características de um bom isolante térmico

Segundo Neira (2005) um bom isolante térmico deve possuir as seguintes características:

- Baixo valor de k (condutibilidade térmica): quanto menor o k , menor será a espessura necessária para uma mesma capacidade isolante.
- Baixa capacidade higroscópica: capacidade higroscópica é a propriedade do material relacionada à absorção de água. Água, ao penetrar nos poros, substitui o ar, aumentando o valor de k . Além disto,

quando se tratar de isolamento de ambientes cuja temperatura seja inferior a 10°C, existe a possibilidade de a água absorvida passar para o estado sólido com conseqüente aumento de volume, o que causará ruptura das paredes isolantes.

- Baixa massa específica: em certas aplicações, um bom isolante precisa ser leve, de modo a não sobrecarregar desnecessariamente o aparelho isolado, principalmente no caso de aviões, barcos, automóveis, ou ainda no caso de forros ou outras partes de fábricas e edifícios onde o material terá de ficar suspenso.
- Resistência mecânica: de maneira geral, quanto maior a resistência mecânica do material isolante, maior será o número de casos que ele poderá resolver, além do que apresentará menor fragilidade, o que é conveniente nos processos de transportes e no tocante à facilidade de montagem.
- Incombustibilidade, estabilidade química, outros.

2.3.4 Principais isolantes térmicos

Segundo Cunha (2005), as maiorias dos isolantes usados industrialmente são feitos dos seguintes materiais: amianto, carbonato de magnésio, sílica diatomácea, vermiculita, lã de rocha, lã de vidro, cortiça, plásticos expandidos, aglomerados de fibras vegetais, silicato de cálcio.

O amianto é um mineral que possui uma estrutura fibrosa, do qual se obtém fibras individuais. O amianto de boa qualidade deve possuir fibras longas e finas e, além disto, infusibilidade, resistência e flexibilidade.

O carbonato de magnésio é obtido do mineral "dolomita", e deve sua baixa condutividade ao grande número de microscópicas células de ar que contém.

A sílica diatomácea consiste de pequenos animais marinhos cuja carapaça se depositou no fundo dos lagos e mares.

A vermiculita é uma "mica" que possui a propriedade de se dilatar em um só sentido durante o aquecimento. O ar aprisionado em bolsas entre as camadas de mica torna este material um bom isolante térmico.

A lã de rocha ou lã mineral, assim como a lã de vidro, é obtida fundindo minerais de sílica em um forno e vertendo a massa fundida em um jato de vapor a grande velocidade. O produto resultante, parecido com a lã, é quimicamente inerte e incombustível, e apresenta baixa condutividade térmica devido aos espaços com ar entre as fibras.

A cortiça é proveniente de uma casca de uma árvore e apresenta uma estrutura celular com ar encerrado entre as células.

Os plásticos expandidos são essencialmente poliestireno expandido e poliuretano expandido, que são produzidos destas matérias plásticas, que durante a fabricação sofrem uma expansão com formação de bolhas internas microscópicas. (Cunha, 2005)

Na refrigeração industrial e comercial utiliza-se amplamente o poliuretano expandido e o poliestireno como isolante térmico, portanto a seguir serão colocadas informações de forma mais detalhada sobre este material.

A Tabela 1 a seguir demonstra a condutividade térmica de alguns materiais utilizados na refrigeração industrial e comercial.

Tabela 1- Condutibilidade térmica de alguns materiais utilizados na refrigeração.

Fonte: Venturini e Pirani (2005)

MATERIAL	k [kcal/h.m.°C]
Chapas de fibra de madeira	0,028
Cimento celular leve	0,06 - 0,103
Cortiça expandida pura	0,035
Cortiça granulada	0,05 - 0,069
Fibras de vidro	0,026
Folhas de papel corrugado	0,033
Poliuretano	0,018 - 0,028
Poliestireno (15 a 30 kg/m ³)	0,025 a 0,040
Resinas fenólicas	0,026
Vermiculite agregada ao cimento	0,06 - 0,086

2.3.5 Poliuretano expandido

Segundo Venturini e Pirani (2005), são obtidas pela reação química entre dois componentes líquidos: isocianato e polihidroxi-lo, na presença de

catalisadores. A estrutura celular é formada pelo desprendimento de CO₂ em uma reação química secundária ou pela ebulição de um líquido (agente de expansão) sob o efeito do calor de reação.

Nas últimas décadas, o poliuretano atraiu a atenção no campo do isolamento térmico a baixas temperaturas. As suas características principais são:

- Condutividade térmica baixa devido à substituição do ar nas células por um gás de peso molecular elevado;
- Possibilidade de ser expandido no local de emprego;
- Suportam temperaturas superficiais elevadas;
- Resistem ao mofo e ao ataque de diversos parasitas.
- As espumas rígidas, empregadas para isolamento térmico, apresentam proporção relativamente alta de células fechadas, o que melhora ainda mais a característica isolante deste material.
- Existem técnicas para a fabricação de espumas cujas células são todas fechadas, praticamente estanques à água, vapores e gases.

A Figura 2 ilustra uma fração de um painel que utiliza poliuretano expandido como componente de isolamento, idêntico aos empregados em câmaras frigoríficas.



Figura 2 - Painel isolante térmico de poliuretano expandido.

Fonte: Grupo Pizzinato (2013)

2.3.6 Poliestireno

Polímero do estireno, ao qual foi adicionado durante a polimerização um agente expensor (também chamado de “isopor”).

Durante o processamento, o material em forma de pérola é espumado pela ação do vapor de água. O volume dessas partículas é aumentado várias vezes, obtendo-se uma espuma porosa, formada de células fechadas. Ou seja, obtém-se um material plástico altamente poroso e praticamente impermeável. Esta espuma é então aquecida em moldes metálicos para adquirir a sua forma e rigidez final.

Obtém-se um material com estrutura celular muito fina: 350.000 células/cm³, tendo as células de 0,1 a 0,01 mm de diâmetro. As paredes destas células têm espessura de 1 a 2 µm, sendo que mais de 97% do volume deste corpo é constituído de ar.

Tipos de poliestireno:

- Styropor P: pérolas transparentes e incolores para a fabricação de material isolante, corpos moldados, embalagens, etc.; e
- Styropor F: não inflamável, para aplicações que requeiram esta característica. (Venturini e Pirani, 2005)

A Figura 3 ilustra um painel composto por poliestireno, onde, sua cor esbranquiçada o difere fisicamente do painel de poliuretano expandido.



Figura 3 - Painel isolante térmico de poliestireno.

Fonte: Grupo Pizzinato (2013)

2.4. Fluidos Refrigerantes

Segundo Venturini e Pirani (2005), fluido frigorífico, fluído refrigerante ou, simplesmente refrigerante, é uma substância empregada como veículo térmico na realização dos ciclos de refrigeração. Inicialmente, utilizaram-se, como refrigerante substâncias com NH_3 , CO_2 , SO_2 e CH_3Cl . Mais tarde, com a finalidade de atingir temperaturas em torno de -75°C utilizaram-se substâncias com N_2O , C_2H_6 e, mesmo, o propano. Com o desenvolvimento de novos equipamentos pelas indústrias frigoríficas, cresceu por necessidade de novos refrigerantes.

2.4.1 Características de um fluido refrigerante

Segundo Venturini e Pirani (2005), as características desejáveis para a escolha de um fluido refrigerante são:

- Pressão de vaporização não muito baixa - é desejável que o refrigerante apresente uma pressão correspondente à temperatura de vaporização não muito baixa, para evitar vácuo elevado no evaporador, e um valor baixo da eficiência volumétrica do compressor, devido à grande relação de compressão.
- Pressão de condensação não muito elevada - temperatura de condensação, que é função da temperatura da água ou do ar de resfriamento, quanto menor for a pressão de condensação do refrigerante menor será a relação de compressão e, portanto, melhor desempenho do compressor. Além disso, se a pressão no lado de alta pressão do ciclo de refrigeração for relativamente baixa, esta característica favorece a segurança da instalação.
- Calor latente de vaporização elevado - se o refrigerante tiver um alto calor latente de vaporização, será necessário menor vazão do refrigerante para uma dada capacidade de refrigeração.
- Condutibilidade térmica elevada - um valor elevado da condutibilidade térmica do refrigerante é importante para a melhoria das propriedades de transferência de calor.

- Baixa viscosidade na fase líquida e gasosa - devido ao pequeno atrito fluido dos refrigerantes pouco viscosos, as perdas de carga serão menores.
- Baixa constante dielétrica, grande resistência elétrica e característica de não-corrosão dos materiais isolantes elétricos - características especialmente importantes para aqueles refrigerantes utilizados em ciclos de refrigeração com compressores herméticos.
- Devem ser estáveis e inertes - ou seja, não devem reagir e corroer os materiais metálicos da instalação de refrigeração.
- Não deve ser poluente.
- Não devem ser tóxicos ou excessivamente estimulantes
- Não devem ser inflamáveis ou explosivos - a possibilidade de vazamentos também impõe que os refrigerantes não sejam inflamáveis, devido ao risco de incêndio e explosão.
- Devem ser de detecção fácil quando houver vazamentos - a facilidade de detecção do refrigerante é importante nas instalações de grande porte. A rápida detecção pode evitar a perda completa da carga de refrigerante da instalação.
- Devem ser de preços moderados e facilmente disponíveis - a disponibilidade comercial do refrigerante está intimamente associada ao seu preço. O uso de um refrigerante ideal que apresente um custo elevado torna-se impraticável. (Venturini e Pirani, 2005)

Como a amônia (NH_3) é o fluido refrigerante utilizado no sistema de refrigeração do frigorífico, este será apresentado mais a fundo.

2.4.2 Amônia (NH_3)

Segundo Venturini e Pirani (2005), a escolha entre a amônia e os demais refrigerantes pode ser definida pelo tipo de aplicação. A amônia apresenta características de toxicidade e, de maneira geral, sua utilização é restrita a locais afastados de áreas densamente povoadas e a instalações industriais cuja operação seja supervisionada por pessoal técnico especializado. Não é prudente a utilização da amônia próximo a escolas e hospitais.

Com relação aos custos, os preços dos refrigerantes oscilam, dependendo da quantidade envolvida. O preço da amônia, entretanto, é inferior, numa relação que, de acordo com outro refrigerante, pode variar entre 10 e 40. Em instalações de grande porte, o custo torna-se ainda mais importante, já que a quantidade envolvida pode ser de dezenas de toneladas. Comparando-se o custo, considerando a base volumétrica, o uso da amônia torna-se ainda mais vantajoso, pois sua densidade é aproximadamente a metade da densidade dos outros refrigerantes.

Outra questão importante a ser considerada é o odor. A amônia apresenta odor característico, enquanto a maioria dos demais refrigerantes são praticamente inodoros. Em instalações de grande porte, operando com outro tipo de refrigerante, pode-se perder grande quantidade de refrigerante antes que os operadores notem o vazamento.

A amônia apresenta diversas vantagens em comparação com os demais refrigerantes. A sua maior desvantagem vem a ser a toxicidade. (Venturini e Pirani, 2005)

2.5. Norma Corporativa: Controle de temperaturas

Para poder obter máxima qualidade de produção, o frigorífico conta com uma equipe especializada em processos e métodos de controle de qualidade. Para isso, a equipe conta com várias normas de processos, dentre elas encontra-se a norma denominada Controle de Temperaturas. A norma tem como objetivo garantir a inocuidade dos produtos, ou seja, dar a garantia de que o produto passará por todo processamento e no final sairá de forma saudável, sem levar riscos à saúde dos consumidores.

O programa de controle de temperaturas abrange o monitoramento dos pontos de controle da temperatura da água dos esterilizadores de facas, do tanque de escaldagem, do sistema de pré-resfriamento de carcaças, miúdos e cortes condicionais, assim como o monitoramento da temperatura ambiente em diferentes seções, como sala de cortes, embalagem primária e secundária, túneis de congelamento, câmara de resfriamento e câmara de estocagem, e ainda a temperatura da carne mecanicamente separada e o monitoramento da temperatura dos produtos antes e após o congelamento.

2.5.1 Procedimentos de monitoramento e verificação das temperaturas

O procedimento para identificação de não conformidade do programa de controle de temperaturas resume-se no monitoramento contínuo dos registros de temperaturas e análise dos desvios, identificando os pontos que estão com os resultados fora dos padrões e, se for o caso, tomando as ações corretivas necessárias para eliminar as condições que possam estar interferindo no processo.

A verificação avalia os itens constantes nas planilhas de verificação (Figura 4), além do preenchimento das mesmas. Se houver não conformidade deve-se relatar e tratá-la. Toda vez que uma não conformidade for relatada pelo monitor checa-se se a ação proposta foi efetivada ou não.

O programa ainda descreve medidas preventivas para todos os monitoramentos considerando-se:

- Calibrar os instrumentos e dispositivos conforme cronograma de calibração;
- Manutenção das condições de funcionamento das instalações, equipamentos e veículos;
- O controle do período de exposição nas áreas de recebimento, processamento e expedição do produto.

PLANILHA DE CONTROLE DE TEMPERATURAS DOS AMBIENTES DO FRIGORIFICO DE FRANGO																									
LOCAL	TEMP. (°C)	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
Túnel Madef	-45 a -30°C																								
Túnel Recrusul	-45 a -30°C																								
Câmara de resfriados	até 4°C																								
Câmara de estocagem 1	-34 a -18°C																								
Câmara de estocagem 2	-34 a -18°C																								
Sala de cortes de frango	10 a 12°C																								
Sala de cortes de peru L1	10 a 12°C																								
Embalagem de frango L1	10 a 12°C																								
Embalagem de frango L2	10 a 12°C																								
Responsável monitoramento																									
NP - Não houve produção FP - Fim de produção.	NRT - Não houve registro de temp.																								

Figura 4 - Planilha de verificação de temperaturas dos ambientes.

Fonte: Setor da Qualidade do frigorífico (2013)

2.5.2 Controle de temperatura dos ambientes

A temperatura de cada ambiente deve ser monitorada para verificar se os produtos estejam em temperatura adequada para evitar desenvolvimento de microrganismos, assegurando a qualidade do produto manipulado.

A Tabela 2 demonstra os ambientes e o seu limite de temperatura especificado pela norma para o frigorífico.

Tabela 2- Limites de temperatura de cada ambiente

Fonte: Norma corporativa de controle de temperaturas (2012)

LOCAL	Limite Inferior (°C)	Limite Superior (°C)
Câmara de resfriamento	0	4
Embalagem Primária	-	12
Embalagem Secundária	-	12
Túnel de congelamento Madef	-45	-30
Túnel de congelamento Recrusul	-45	-30
Túnel de congelamento York	-45	-30
Túnel de congelamento Cooling	-45	-30
Paletização	-	12
Expedição	-	12
Câmara de estocagem	-34	-18
Ambiente de cortes de frango	-	12

2.5.2.1 Frequência de verificação e monitoramento

A temperatura é monitorada 24 horas através de cartas gráficas, que registram graficamente as temperaturas dos ambientes em que encontram-se instaladas e também através de planilhas de monitoração nos seguintes ambientes:

- Sala de cortes de frango;
- Câmara de resfriamento de frangos;
- Câmara de estocagem;
- Paletização;
- Embalagem primária;
- Embalagem secundária.

Além dos registros em cartas gráficas realizados 24 horas é feita uma monitoração das temperaturas ambientes a cada hora, diariamente, e registradas em planilhas onde os registros são realizados por um funcionários do setor da Garantia da Qualidade. Em caso de não conformidades as ações corretivas consistem em informar os funcionários responsáveis pela refrigeração e parar a produção até a correção da não conformidade.

Quanto ao produto, dependendo o local que estiver, deve ser encaminhado para congelamento imediato caso esteja antes dos túneis de congelamento. No caso de produtos que não atingiram a temperatura especificada na saída dos túneis, a ação que deve ser tomada é repassar o produto para atingir a temperatura especificada.

2.6. Ambientes

Um frigorífico de aves, devido ao grande volume de produção é composto por vários setores, onde cada setor é responsável por realizar apenas uma tarefa o que agiliza e deixa o processo mais organizado. Dentre estes setores o setor de embalagem primária é responsável por embalar o frango inteiro em embalagens plásticas individualmente para depois os mesmos produtos serem inseridos em caixas de papel com 10 unidades.

2.6.1 Embalagem Primária

No setor de embalagem primária, trabalham aproximadamente 80 pessoas em cada turno em três turnos diários. A sala é fechada e climatizada por 4 evaporadores inundados, da marca Güntner, idênticos ao da Figura 5, modelo AGBK trabalhando com gás refrigerante amônia (NH₃), com capacidade de refrigeração de 28.640 kcal/h cada evaporador.



Figura 5- Evaporador da sala de embalagem primária

Fonte: Autor (2013)

2.6.2 Embalagem Secundária

No setor de embalagem secundária, trabalham aproximadamente 23 pessoas em cada turno em três turnos diários, onde sua atividade consiste em separar 10 produtos já em suas embalagens individuais e acomodá-los em caixas de papel.

O ambiente é fechado e climatizado por 1 evaporador inundado idêntico ao da Figura 6 da marca Güntner, modelo AGHN.2, que utiliza gás refrigerante amônia (NH_3) com capacidade de refrigeração de 20.730 kcal/h, e também por mais um evaporador marca e modelo idêntico ao apresentado na sala de embalagem primária (Figura 5).



Figura 6– Evaporador marca Güntner, modelo AGHN.2

Fonte: Güntner, 2012.

3. DIAGNOSTICO DE FALHA NA CLIMATIZAÇÃO

Para realizar o diagnóstico de falha na temperatura da climatização dos ambientes de embalagem primária e embalagem secundária, segue-se algumas etapas, como realização dos cálculos de carga térmica de aquecimento dos ambientes e logo após o estudo da potência de refrigeração dos equipamentos que estão instalados nos ambientes e em seguida realiza-se a comparação entre a carga de aquecimento com a potência de refrigeração dos equipamentos, concluindo esta etapa com o resultado das comparações e o diagnóstico da falha da temperatura dos ambientes.

3.1 ANÁLISE DE TEMPERATURAS DOS AMBIENTES

A Figura 7 apresenta o monitoramento das temperaturas dos ambientes de embalagem primária e embalagem secundária, onde os valores foram anotados por um funcionário do setor da qualidade do frigorífico em um dia de trabalho. Pode-se observar os pontos acima do limite de temperatura especificado pela norma (Tabela 2). A higienização dos ambientes acontece pela manhã no intervalo de horário das 10:00h as 11:00h e pela noite das 21:00h as 22:00h, por este motivo os horários correspondentes a 11:00h e 22:00h não são registrados na planilha de monitoramento de temperaturas.

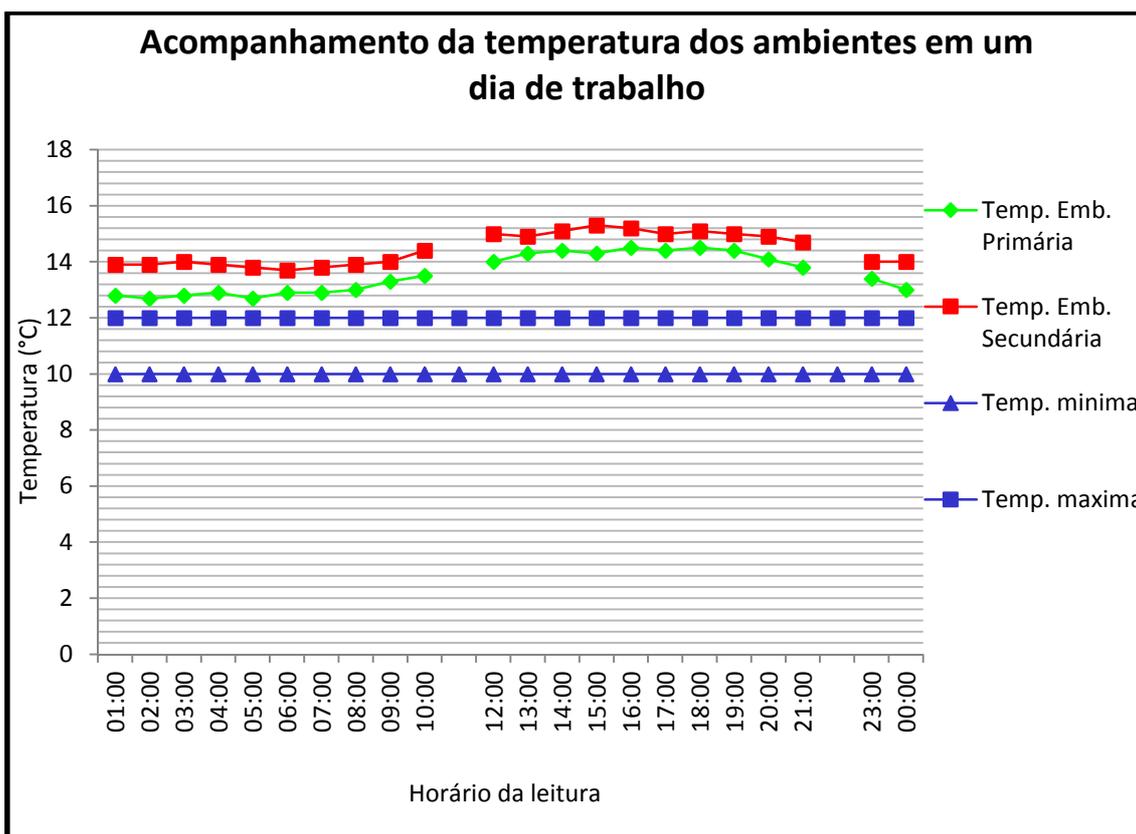


Figura 7 - Gráfico de monitoramento de temperatura

Fonte: Autor (2013)

3.2. ANÁLISE DAS CARGAS TÉRMICAS DOS AMBIENTES

3.2.1 Calor Transmitido Através das Paredes

Devido a diferença de temperatura entre o interior da câmara frigorífica e o meio externo haverá um fluxo de calor através das paredes, teto e piso, caracterizando um carga térmica que deverá ser compensada pelo equipamento.

O calor transmitido através das paredes, teto ou piso depende da diferença de temperatura, do tipo de isolamento, da superfície externa das paredes e do efeito da irradiação solar, calculado através das expressões visualizadas no APÊNDICE A1.

Para o cálculo da carga térmica de transmissão por paredes, piso e teto, são calculadas apenas as paredes consideradas críticas, ou seja, as

paredes que separam o ambiente desejado de outro ambiente com temperaturas maiores, havendo assim transmissão de calor.

As paredes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 são as paredes consideradas para os cálculos.

As paredes 1, 2, 3 e 10 são consideradas para o cálculo da carga térmica do setor de embalagem primária e as paredes 4, 5, 6, 7,8 e 9 são consideradas para o cálculo de carga térmica do setor de embalagem secundária.

A carga térmica de transmissão do teto será calculada separadamente para o setor de embalagem primária e para o setor de embalagem secundária.

A carga térmica de transmissão do piso não será calculada, pois os ambientes em questão encontram-se no segundo piso do prédio, acima da sala de cortes de frango do frigorífico que por sua vez encontra-se com temperatura de no Máximo 12°C, não acrescentando temperatura devido a transmissão nos setores de embalagem primária e secundária do frigorífico.

As paredes utilizadas na realização dos cálculos para o levantamento da carga térmica por transmissão de calor podem ser observadas no ANEXO 1. Leve-se em consideração que a temperatura desejada no interior do ambiente seja de 10°C.

O cálculo da parede 1 está presente no APÊNDICE A1 exemplificando como procederam todos os cálculos da carga térmica cedida por transmissão de calor por meio de paredes e teto.

A Tabela 3 exhibe a carga térmica de transmissão do teto e das paredes consideradas para cálculo dos setores de embalagem primária e secundária.

Tabela 3 - Carga térmica de transmissão

Fonte: Autor (2013)

Parede	Material	Área (m ²)	T ext. (°C)	ΔT (°C)	Q (kcal/h)
2	Tijolo comum, cheio com reboco, 25cm	119,25	30	20	4080
3	Tijolo comum, cheio com reboco, 25cm	15,68	20	10	239
4	Isopor Pannel, 50mm	24	20	10	243
5	Isopor Pannel, 50mm	27,2	20	10	161
6	Isopor Pannel, 50mm	12,8	30	20	153
7	Isopor Pannel, 50mm	11,2	30	20	134
8	Isopor Pannel, 50mm	11,2	30	20	134
9	Isopor Pannel, 50mm	10,24	30	20	123
10	Isopor Pannel, 50mm	119,25	30	20	341
Teto					
Emb. Prim.	Poliuretano Pannel, 50mm	304,7	40	30	18282
Emb. Sec.	Poliuretano Pannel, 50mm	155,8	40	30	9348
			TOTAL	Embalagem Primária	22955
				Embalagem Secundária	10296

3.2.2 Calor Cedido por Pessoas

Uma forma de transmissão de calor para o ambiente é a transmissão devido à ocupação do ambiente por pessoas, onde, para o cálculo leva-se em consideração o calor gerado por pessoa e o tempo que cada pessoa permanece no local.

Entre os dois ambientes, o ambiente de embalagem primária é o mais ocupado, com aproximadamente 81 pessoas trabalhando em condições leves de esforço físico. No ambiente de embalagem secundária aproximadamente 23 pessoas trabalham em atividades físicas consideradas leves.

Ao realizar os cálculos de transmissão de calor devido à ocupação dos ambientes pelos colaboradores, chegou-se aos seguintes resultados:

- Embalagem Primária: 13.458 kcal/h
- Embalagem Secundária: 3.821 kcal/h

As equações, tabelas e cálculos utilizados para o cálculo de transmissão de calor devido a ocupação encontram-se no APÊNDICE A2.

3.2.3 Calor Cedido por Motores

Tanto no ambiente de embalagem primária quanto no ambiente de embalagem secundária, várias esteiras são responsáveis pelo transporte do produto da entrada até a saída dos mesmos dos ambientes para a distribuição nas próximas etapas do processo. Para isso, encontram-se instalados 20 motores elétricos no setor de embalagem primária e 11 no setor de embalagem secundária. Para o cálculo de calor gerado por motores consideraram-se o número de motores de cada ambiente, a potência e o rendimento aproximado de cada motor.

Ao realizar os cálculos de transmissão de calor proveniente dos motores localizados nos ambientes, chegou-se aos seguintes resultados:

- Embalagem Primária: 17.038 kcal/h
- Embalagem Secundária: 6.306 kcal/h

No APÊNDICE A3 encontram-se todos os cálculos e tabelas utilizadas para realizar o levantamento de carga térmica de aquecimento gerada pelos motores que se encontram no interior dos ambientes.

3.2.4 Calor Cedido pela Iluminação

A iluminação dos ambientes devem ser consideradas para o cálculo de carga térmica de aquecimento devido a energia das lâmpadas que é dissipada em forma de calor para o meio.

Para isso, foi realizado o mapeamento de toda iluminação dos dois ambientes, realizando o levantamento de todas as lâmpadas instaladas e suas respectivas potências.

No ambiente de embalagem secundária encontram-se instaladas 30 lâmpadas de 110W e 12 de 40W, já no ambiente de embalagem primária, 8 lâmpadas de 110W e 14 de 40W são responsáveis pela iluminação do setor.

As expressões e cálculos juntamente com resultados da carga térmica de aquecimento gerado pela iluminação dos ambientes podem ser visualizados no APÊNDICE A4.

3.2.5 Calor Cedido pela Embalagem

Devido ao grande volume de produção diária, no interior dos ambientes conseqüentemente existe um grande volume de embalagens, sendo embalagens plásticas para o setor de embalagem primária e caixas de papelão (papel cartonado) para o setor de embalagens secundária. Este grande volume de embalagens são inseridas nos ambientes a temperaturas mais elevadas que a temperatura desejada no ambiente que é 10°C.

No setor de embalagem primária encontram-se diariamente aproximadamente 373.800 embalagens plásticas, aproximadamente 1.870 kg/24h, a uma temperatura média de 27°C. Para o setor de embalagem secundária, as embalagens são caixas de papel cartonado, que entram no ambiente com uma temperatura média de 32°C, temperatura elevada devido a cola quente utilizada na montagem das caixas, sendo aproximadamente 45.150 caixas por dia no interior do ambiente, totalizando 18.060 kg/24h de embalagens para este setor.

Para calcular o calor cedido pelas embalagens em cada ambiente, considerou-se o calor específico de cada material, a variação de temperatura e a massa diária de embalagens que circulam nos ambientes diariamente.

Para o ambiente de embalagem primária o calor calculado para o calor gerado pelas imagens foi de 531 kcal/h, já para o setor de embalagens secundária o calor gerado pelas embalagens chega a 5.812 kcal/h.

As expressões e tabelas utilizadas para estes cálculos são encontradas no APÊNDICE A5.

3.2.6 Calor Devido a Infiltração

O setor de embalagens recebe toda produção de frangos inteiros para seu condicionamento em suas devidas embalagens. Estes frangos e embalagens chegam até o setor por meio de esteiras, carrinhos e nóreas. Os carrinhos passam de um setor para o outro com as embalagens por meio de portas, já as esteiras e nóreas por meio de passagens abertas nas paredes. Considerando que o setor de embalagens está cercado por ambientes não

climatizados, estas aberturas e portas são responsáveis por acrescentar grande massa de ar quente no ambiente climatizado.

Para chegar até o valor da carga térmica de aquecimento gerada através da infiltração de ar quente nos ambientes devido a existência de aberturas nas paredes e teto, necessitou-se primeiramente outros cálculos, como o cálculo de vazão volumétrica e em seguida o cálculo da vazão mássica de ar, cálculos estes demonstrados no APÊNDICE A6.

Para calcular a vazão volumétrica de ar que é introduzido no ambiente por estas aberturas, foram realizadas leituras da temperatura e velocidade de entrada do ar no ambiente com o auxílio de um termo anemômetro, realizando leituras em seis pontos diferentes de cada abertura, como demonstrado na Figura 8, para obter um valor médio de temperatura e velocidade do ar entre os pontos.

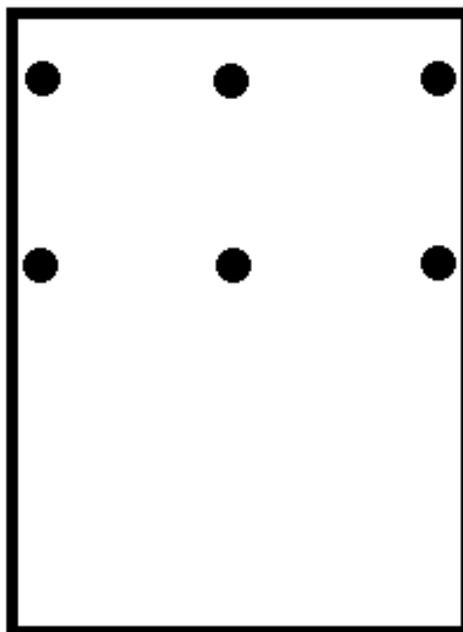


Figura 8– Vista frontal da abertura, demonstrando os pontos de leitura de velocidade e temperatura do ar de infiltração

Fonte: Autor (2013)

Após o cálculo da vazão volumétrica de ar para poder calcular a vazão em massa de ar que esta sendo inserida no ambiente, pode-se calcular o calor gerado pela infiltração nas aberturas que foram consideradas para o cálculo.

Para a embalagem primária consideram-se para cálculo de calor cedido por infiltração as aberturas 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 9, pois as aberturas 1 e 4 não apresentaram vazão de ar sendo infiltrado no ambiente, e para o cálculo do setor de embalagem secundária considera-se as aberturas A, B, C e D. Todas as aberturas existentes nos ambientes podem ser visualizadas no ANEXO 2.

Após os levantamentos de vazão de todas as aberturas pode-se então realizar o cálculo de carga térmica gerada devido a infiltrações de ar quente.

As tabelas, expressões e cálculos realizados para o levantamento do calor gerado devido infiltração de ar, podem ser visualizados no APÊNDICE A6.

Passam pela sala de embalagem aproximadamente 300.000 frangos por dia, porém a carga térmica de aquecimento devido aos produtos não foi calculada pelo motivo dos mesmos entrarem no ambiente a uma temperatura máxima de 4°C e também não considerou-se a absorção de calor do ambiente pelos produtos pelo tempo que os mesmos permanecem no interior dos ambientes, aproximadamente 01:30 minutos.

Na tabela a seguir pode-se observar os dados e resultados dos cálculos de calor cedido por infiltração de ar no ambiente.

Tabela 4 - Carga térmica total de aquecimento devido infiltração

Fonte: Autor (2013)

Abertura	Área (m ²)	Vel. Ar (m/s)	T ar ext. (°C)	Δt (°C)	Tempo abertura (min/h)	Q (kcal/h)
3	2,31	0,3	15	5	30	1800
5	0,7	0,7	15	5	60	2592
6	1,95	0,66	15	5	60	6768
7	1,68	1,1	30	20	30	19872
8	0,06	1,5	30	20	60	1728 x 2 = 3456
9	1	0,3	30	20	60	6048
A	2,08	0,7	30	20	60	6048
B	0,62	1	30	20	60	12420
C	0,52	1	30	20	60	10368
D	1	0,3	30	20	60	6048 x 4 = 24192
TOTAL					Embalagem primária	45462
					Embalagem secundária	53028

Após calcular a carga térmica cedida por paredes, teto, pessoas, motores, iluminação, embalagens e infiltração, chegou-se ao resultado da carga térmica total em quilocalorias por hora no setor de embalagem primária e no setor de embalagem secundária, como demonstrado na tabela seguinte.

Tabela 5 - Carga térmica total
Fonte: Autor (2013)

	Embalagem primária (kcal/h)	Embalagem secundária (kcal/h)
Transmissão	22955	10296
Pessoas	13458	3821
Motores	17038	6306
Iluminação	3266	1245
Embalagem	531	5812
Infiltração	45462	53028
TOTAL	102710	80508

3.3.ANÁLISE DOS EQUIPAMENTOS INSTALADOS

Para diagnosticar a causa das falhas na climatização dos setores, primeiramente calculou-se a carga térmica de aquecimento, como visto anteriormente, depois de feito, realizou-se o estudo dos equipamentos de refrigeração instalados nos ambientes para realizar um comparativo entre a carga de aquecimento e a potência de refrigeração instalada em cada ambiente.

3.3.1 Potência de refrigeração dos equipamentos instalados

Como citado no capítulo 2 no setor de embalagem primária encontram-se instalados quatro evaporadores com capacidade de refrigeração de 28.640 kcal/h cada um, onde somando a potência dos quatro evaporadores tem-se 114.560 kcal/h.

Do mesmo modo, no setor de embalagem secundária encontram-se instalados dois evaporadores de diferentes potências, um com capacidade de refrigeração de 28.640 kcal/h e o outro com capacidade de 20.730kcal/h,

somando juntos a potência de refrigeração de 49.370 kcal/h. Os evaporadores instalados nos ambientes e suas potências podem ser visualizados no ANEXO 3.

Na Tabela 6 pode-se visualizar as cargas de refrigeração instalada no ambiente de embalagem primária e também no ambiente de embalagem secundária.

Tabela 6 - Potência de refrigeração instalada em cada ambiente

Fonte: Autor (2013)

Setor	Potência de refrigeração dos equipamentos (kcal/h)
Embalagem Primária	114.560
Embalagem Secundária	49.370

3.3.2 Comparação Carga térmica de Aquecimento X Potência de refrigeração dos equipamentos instalados

Depois de calculada a carga térmica total dos ambientes de embalagem primária e do ambiente de embalagem secundária, e também analisado a potência de refrigeração, pode-se realizar um comparativo entre a potência de refrigeração dos equipamentos instalados com a carga térmica total de aquecimento calculada. Tal comparação pode ser observada na Tabela 7.

Tabela 7 – Tabela comparativa da carga térmica de aquecimento com a potência de refrigeração dos equipamentos de cada ambiente.

Fonte: Autor (2013)

Setor	Carga térmica de aquecimento (kcal/h)	Potência de refrigeração dos equipamentos (kcal/h)
Embalagem Primária	102.710	114.560
Embalagem Secundária	80.508	49.370

Depois de realizada a comparação da potência dos equipamentos instalados com a carga térmica de aquecimento de cada ambiente, constatou-se que no ambiente de embalagem secundária existe uma grande diferença entre as cargas, tendo uma deficiência de refrigeração de 31.138 kcal/h.

Na Figura 9 pode-se visualizar a diferença entre a carga térmica de aquecimento e a potência de refrigeração instalada em cada ambiente.

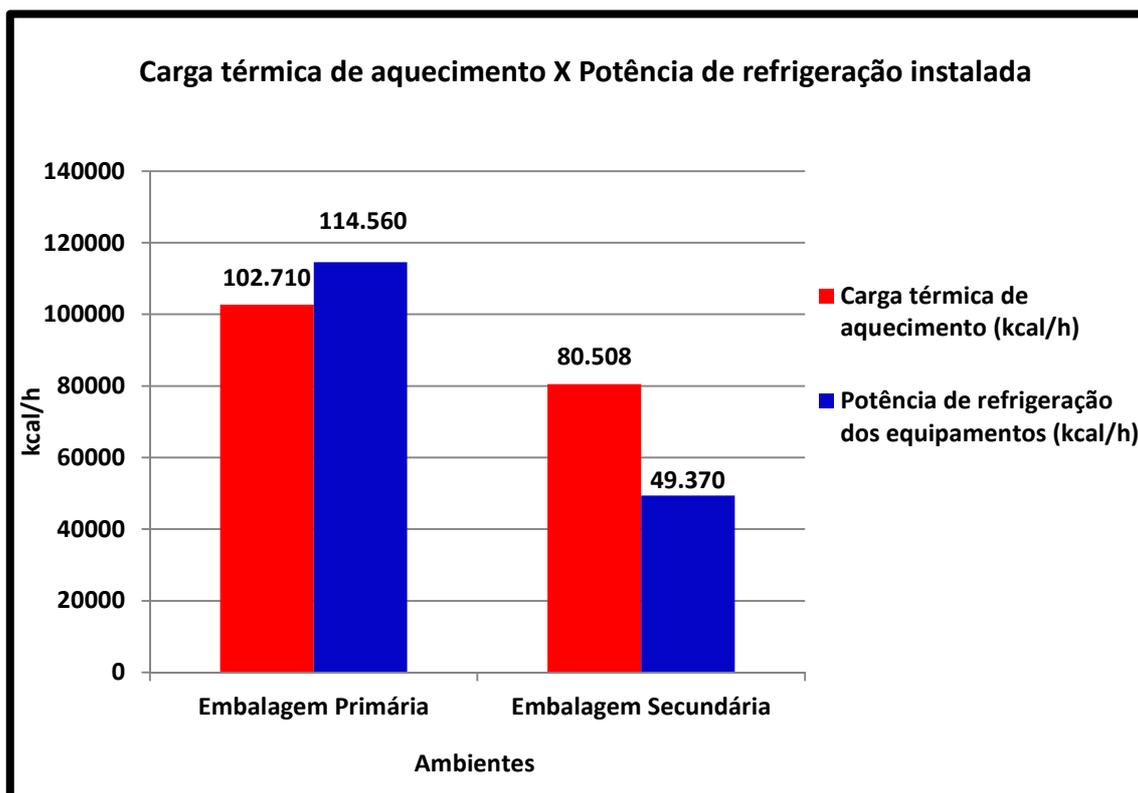


Figura 9 - Carga térmica de aquecimento X Potência de refrigeração instalada

Fonte: Autor (2013)

Depois de realizadas as comparações, constatou-se que a falha na temperatura do setor de embalagem primária deve-se ao fato do setor de embalagem secundária encontrar-se em seu interior, como podemos observar na Figura 12, transmitindo assim parte da carga térmica para o ambiente de embalagem primária, a qual tem potência de refrigeração maior que a carga térmica de aquecimento, evidenciando assim dois problemas raiz da falha nas temperaturas dos dois ambientes:

- 1 - Alta carga térmica de aquecimento do setor de embalagem secundária;
- 2 - Baixa potência de refrigeração do setor de embalagem secundária.

3.4. PROPOSTAS PARA MELHORIA DA CLIMATIZAÇÃO

Após os estudos realizados nos dois setores, do cálculo da carga térmica de aquecimento e do estudo dos equipamentos instalados e por fim da comparação da potência de refrigeração instalada e da carga térmica de aquecimento de cada ambiente, concluiu-se que existiam duas causas que estavam gerando as falhas nas temperaturas dos dois ambientes:

- 1 - Alta carga térmica de aquecimento do setor de embalagem secundária.
- 2 - Falta de potência de refrigeração também do setor de embalagem secundária.

3.4.1 Alta carga térmica de aquecimento

Para chegar neste diagnóstico calcularam-se as cargas de transmissão, infiltração, calor gerado por pessoas, equipamento e embalagens que faziam parte daquele ambiente, cargas estas naturais, porém a carga térmica de infiltração demonstrou-se muito superior as outras, sendo ela responsável por quase metade da carga térmica calculada para o setor de embalagem secundária.

Ao estudar as fontes de infiltração de ar quente dos ambientes, constatou-se que as aberturas denominadas “D”, “8” e “9” observadas no ANEXO 2, faziam parte de um antigo sistema de climatização instalado nos ambientes em outras épocas. O sistema era composto por apenas um bloco evaporativo e um ventilador, o ar frio era transportado até os ambientes por dutos, estes passavam sobre o forro e chegavam até os ambientes. O sistema então fora eliminado por motivos de ineficiência e até mesmo segurança, tratando-se que a cabine evaporativa ficava ao lado dos setores de trabalho e o bloco evaporativo já estava demasiadamente degradado. Porém após a troca do sistema antigo pelo sistema que recentemente encontra-se instalado nos ambientes, os dutos que passam sobre o forro não foram isolados, causando

assim vários pontos de infiltração de ar quente nos dutos, ar quente este que chega até os ambientes de embalagem primária e secundária, causando assim aumento drástico da carga térmica de aquecimento dos setores.

Sendo assim, uma proposta é isolar os dutos antigos com painéis de poliuretano com 50mm de espessura para eliminar a infiltração de ar quente por estes locais.

Como demonstrado na Tabela 4, a abertura “D” é responsável por uma carga de aquecimento de 24.192 kcal/h enquanto as aberturas “8” e “9” são responsáveis por 9.504 kcal/h.

A Tabela 8 demonstra como ficariam os valores da carga térmica de aquecimento se eliminado as aberturas “D”, “8” e “9”.

Tabela 8 - Carga térmica total após isolamento das aberturas

Fonte: Autor (2013)

Setor	Carga térmica de aquecimento (kcal/h)
Embalagem Primária	102.710
Embalagem Secundária	80.508
Após isolamento	
Embalagem Primária	93.206
Embalagem Secundária	56.316

Se isoladas as aberturas como proposto, o setor de embalagem primária terá uma redução na carga térmica de aquecimento de 9.504 kcal/h, o que equivale a quase 10% de ganho, já no setor de embalagem secundária quando isoladas as aberturas o ganho será de 24.192 kcal/h, aproximadamente 30% de redução na carga térmica de aquecimento do ambiente.

A Figura 10 lustra a redução de carga térmica dos dois ambientes após a realização do isolamento das aberturas sugeridas.

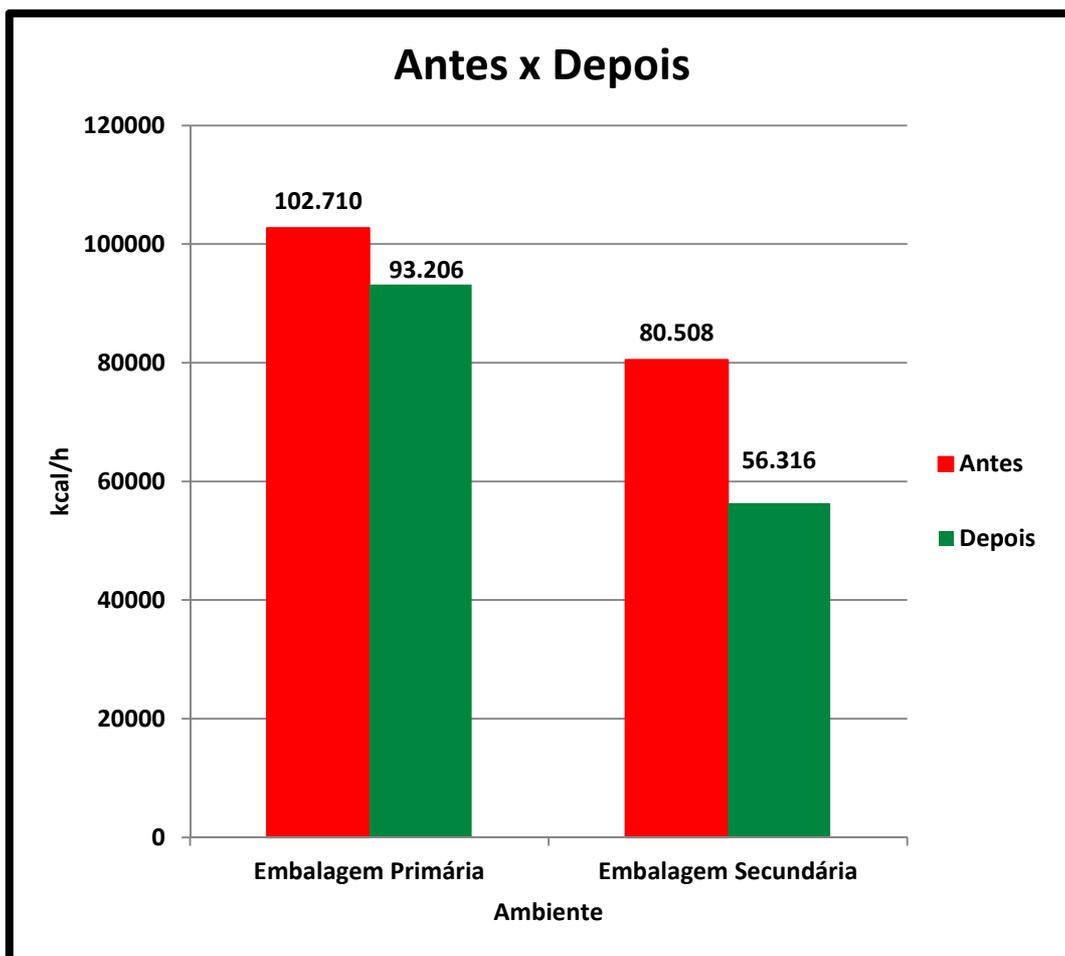


Figura 10–Gráfico comparativo das cargas antes e depois do isolamento das aberturas

Fonte: Autor (2013)

3.4.2. Baixa potência de refrigeração

Depois de realizarem-se os isolamentos das aberturas citadas acima haverá uma grande redução de carga térmica de aquecimento dos ambientes, porém após realizados novas comparações, agora com os valores reduzidos da carga de aquecimento, concluiu-se que ainda não será o suficiente para atingir a temperatura desejada do ambiente de embalagem secundária.

Na Figura 11 é possível avaliar a comparação entre as cargas de aquecimento antes do isolamento das aberturas com a carga de aquecimento depois do isolamento e a potência de refrigeração instalada em cada ambiente.

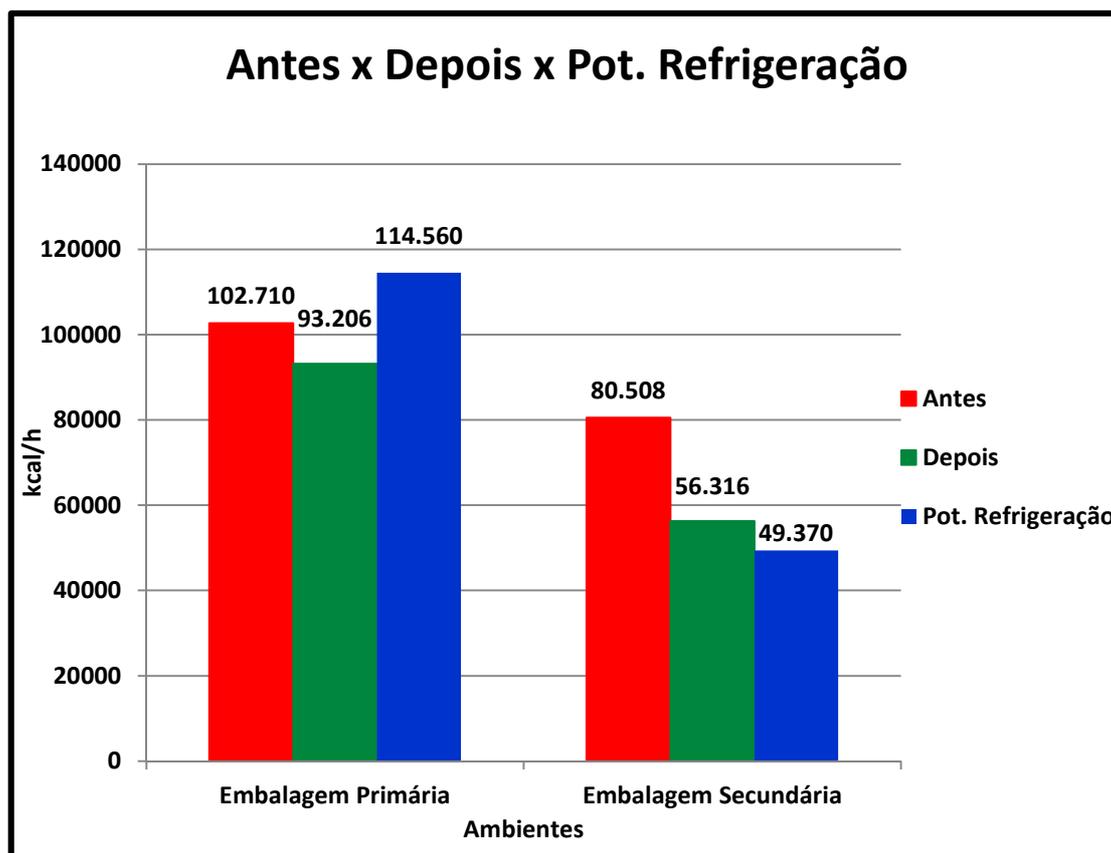


Figura 11 - Gráfico comparativo do antes de isolar as aberturas com o depois de isoladas e com a potência de refrigeração de cada ambiente

Fonte: Autor (2013)

Analisando o gráfico e seus valores, observa-se uma diferença entre as cargas ainda de quase 7.000 kcal/h no ambiente de embalagem secundária. Para suprir tal diferença térmica, sugere-se a instalação de um pequeno evaporador adicional com potência de 10.00 kcal/h na parte de maior carga de aquecimento do ambiente.

Considerando que as aberturas denominadas “A”, “B” e “C” são responsáveis por gerar uma carga de aquecimento de 28.836 kcal/h, o que representa aproximadamente 51% da carga térmica de aquecimento total do ambiente de embalagem secundária, recomenda-se instalar um evaporador nesse local e que supra essa carga. A Figura 12 ilustra o *layout* sugerido dos evaporadores no setor de embalagem secundária.

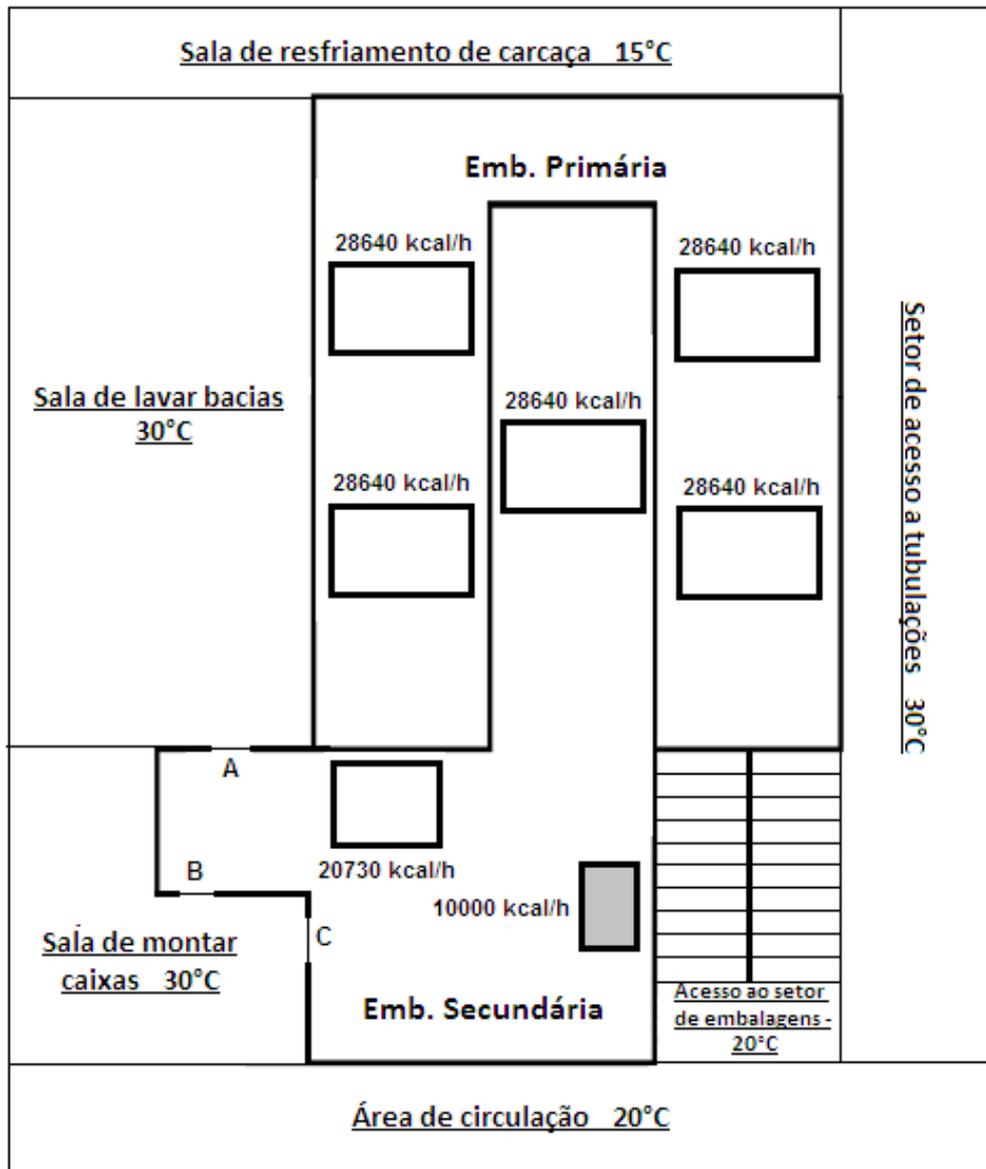


Figura 12 - Layout com um evaporador adicional instalado.

Fonte: Autor (2013)

Quando instalado o evaporador, a potência de refrigeração do ambiente de embalagem secundária se elevará em 10.000 kcal/h, havendo assim uma diferença positiva de 3.054 kcal/h, a qual é considerada como coeficiente de segurança.

Na Figura 13 pode-se observar como ficariam as cargas de aquecimento e refrigeração do ambiente de embalagem secundária depois de isoladas as aberturas sugeridas anteriormente e instalado o evaporador.

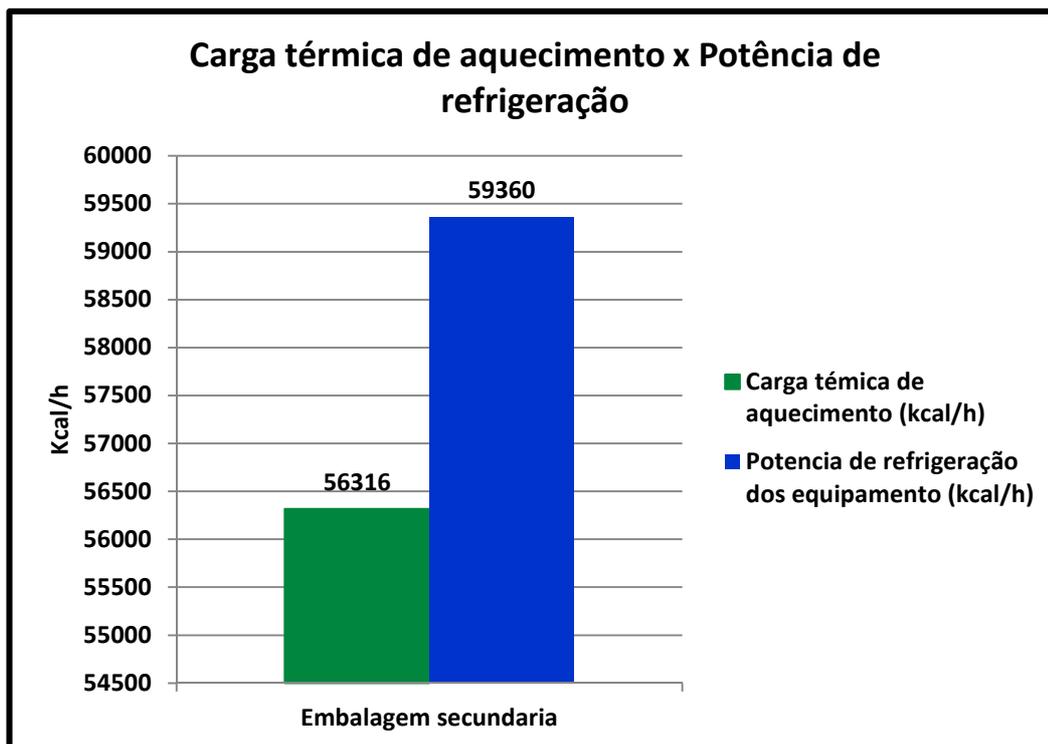


Figura 13 - Gráfico comparativo de cargas do ambiente de embalagem secundária depois de isoladas as aberturas sugeridas e adicionado um novo evaporador.

Fonte: Autor (2013)

3.5. RESULTADOS

A identificação e a quantificação da carga térmica de aquecimento e a potência de refrigeração, permitiram identificar onde estavam as oportunidades de melhoria na climatização dos ambientes de embalagem primária e secundária.

Para realização deste trabalho, primeiramente foram realizadas todas as medições necessárias nos dois ambientes, como:

- Medida da área das paredes, piso e teto;
- Levantamento das temperaturas externas das paredes;
- Levantamento de todas as luminárias;
- Levantamento de todos os motores;
- Levantamento dos colaboradores;
- Levantamento de embalagens;
- Levantamento do ar de infiltração em todas as aberturas convenientes;
- Levantamento dos evaporadores e suas potências de refrigeração.

Após todos os levantamentos citados acima, realizaram-se os cálculos de carga térmica de aquecimento, levando em consideração todas as formas de transmissão de calor possíveis nos ambientes como, infiltração de ar quente no interior dos ambientes por meio de aberturas nas paredes, calor cedido por motores, luminárias, pessoas e embalagens e também o calor devido a transmissão por paredes e teto. Após o levantamento da carga térmica de aquecimento ter sido calculada, estudaram-se os equipamentos instalados nos ambientes com o intuito de levantar a potência de refrigeração instalada, onde, somaram-se as potências de todos os evaporadores obtendo assim a potência de refrigeração dos locais.

Depois de obtidas estas duas cargas efetuaram-se comparações entre elas, onde ficou claro que no ambiente de embalagem secundária a carga térmica de aquecimento era muito superior a potência de refrigeração instalada no ambiente e no ambiente de embalagem primária a carga térmica de aquecimento era menor que a potência de refrigeração instalada. Com isso concluiu-se que a climatização deste ambiente era eficiente e que a anormalidade de temperatura observada era do calor cedido pelo setor de embalagem secundária, o qual a climatização é deficiente. Além disso, no estudo dos ambientes constatou-se que uma grande carga de aquecimento nos setores era vinda de antigos dutos de ventilação de um sistema de climatização instalado anteriormente nos ambientes.

Para corrigir tais defeitos de climatização foram indicadas duas propostas:

1 – Vedação dos antigos dutos de climatização visando reduzir a carga térmica de aquecimento proveniente dos mesmos;

2 – Instalação de um evaporador adicional no ambiente de embalagem secundária no local onde a carga de aquecimento era maior.

Antes de qualquer adição de equipamento que consuma energia de compressão e gás refrigerante, deve-se estudar o sistema de refrigeração por um todo, analisando todos os evaporadores, trocadores de calor, compressores e condensadores instalados no sistema para analisar se o mesmo suportará a instalação de um equipamento adicional. Para isso, a análise, conclusões e sugestões presentes neste estudo foram apresentadas para o setor de engenharia do frigorífico, o qual possui maiores informações sobre o sistema

de refrigeração instalado na unidade e poderá concluir se há necessidade de aumentar o sistema ou não para a instalação do novo evaporador, ou se esta alternativa é interessante no momento.

4. CONCLUSÃO

A competitividade entre as empresas do ramo alimentício esta cada vez maior devido ao crescimento do mercado, e o que também cresce é a exigência do consumidor em produtos de boa qualidade, e se tratando de empresas que produzem alimentos de origem animal, a climatização dos setores nas mais diversas etapas da industrialização é fundamental para a boa conservação do produto, assegurando assim a qualidade do mesmo tanto se tratando da saúde do consumidor quanto ao sabor do produto.

Através deste estudo pode-se observar alguns pontos frágeis e deficiências do sistema de climatização dos ambientes estudados, pontos estes desconhecidos anteriormente pela empresa e que poderão ser abordados e solucionados com as sugestões citadas neste trabalho.

4.1 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, foi possível perceber a complexibilidade dos sistemas de climatização e a dificuldade em manter as temperaturas desejadas em ambientes industriais. O processo de identificação do problema da temperatura dos ambientes estudados procurou ser abrangente, porém nem todas as questões levantadas neste trabalho foram tratadas. Visando o aprofundamento na análise do sistema de climatização e tendo como objetivo encontrar soluções que viabilizem a redução da carga térmica de aquecimento e conseqüentemente a economia energética, propõe a realização do seguinte estudo futuro:

- Instalação de manta refletiva sobre o forro dos ambientes de embalagens primária e secundária, visando a redução da carga térmica de aquecimento por transmissão de calor.
- Instalar termômetros digitais em pontos adicionais dos ambientes, com o objetivo de obter uma temperatura média com mais precisão dos ambientes.

- Instalar sistema supervisorio para que se possa monitorar continuamente as temperaturas dos ambientes sem a necessidade de um colaborador dirigir-se até o local.

Referências

AMBIENTE GELADO, Disponível em <<http://www.ambientegegado.com.br/v21/cras-frigorcas-mainmenu-74/95-cam.htm>>. Acessado em Janeiro/2013.

BEZERRA, L. A. C. **Análise do desempenho térmico de sistema construtivo de concreto com EPS como agregado graúdo.** Dissertação(Mestrado em Engenharia Mecânica) – PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

CODEX ALIMENTARIUS, **Higiene dos alimentos**, Brasília, 2006, 65p.

COORDENAÇÃO DA GARANTIA DA QUALIDADE, **Programa controle de temperaturas**, Francisco Beltrão, Agosto/2012.

CUNHA, A. G., **Impermeabilização e isolamento térmico**, Materiais e especificações, 117p., 2005.

GRUPO PIZZINATO, Disponível em <<http://www.grupopizzinato.com.br>>. Acessado em Fevereiro/2013.

MATOS, Rudmar Serafim. **Refrigeração Industrial e Climatização.** Apostila da Disciplina TM-182. UFPR. Disponível em: <ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM182/REFRIGERACAO/apostila/14_CARGA.pdf>. Acesso em Fevereiro/2013.

NEIRA, D. S. M. **Fibras de sisal (*Agave sisalana*) como isolante térmico de tubulações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

STOECKER, M. **Refrigeração Industrial.** São Paulo: LTC, 1985

TORREIRA, RAUL PERAGALLO. **Fluidos Térmicos.** Editora Hemus.1980.

VENTURINI, O. J. e PIRANI M. J.,**Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial.** 316p. Rio de Janeiro: Eletrobrás. 2005

APÊNDICE A – CARGA TÉRMICA DE AQUECIMENTO

Neste apêndice são mostradas as expressões e tabelas utilizadas para o desenvolvimento dos cálculos de carga térmica de aquecimento dos ambientes.

A carga térmica de uma instalação frigorífica é composta dos seguintes itens:

- Calor recebido por condução ou irradiação através das paredes, teto e piso;
- Calor recebido por irradiação decorrente de vidros ou materiais transparentes;
- Calor recebido por infiltração de ar quente 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 circulam pelo ambiente refrigerado;
- Calor cedido por equipamentos e iluminação que gerem calor dentro do espaço refrigerado.

A1 – Calor transmitido através das paredes

Para paredes de isopor ou poliuretano utilizou-se a seguinte expressão:

$$Q_1 = A \cdot F_d \quad (A1.01)$$

Onde:

Q_1 calor transmitido através das paredes, piso ou teto (kcal/24h)

A área da parede, piso ou teto (m²)

F_d fator de dispersão (Tabela A1.1) (kcal/24h)

Para paredes de concreto:

$$Q_1 = A U (t_e - t_i + \Delta t_{ins}) .24 . 3,6 \quad (A1.02)$$

Onde:

Q_1 calor transmitido através das paredes, piso ou teto em concreto (kJ/24h)

U coeficiente total de transmissão de calor (Tabela A1.2)(W/m².°C)

t_e temperatura externa da câmara frigorífica(°C)

t_i temperatura interna da câmara frigorífica(°C)

Δt_{ins} acréscimo de temperatura devido a insolação (Tabela A1.3)(°C)

Tabela A1.1 - Fator de dispersão (kcal/m².24h)

Fonte: Ambiente Gelado (2013)

Material	EPS (isopor)		Poliuret. Painel		
	Espeçura (mm)	50	75	50	75
Diferencial	1	14	9,5	8,3	5,5
	10	143	95	83	55
	15	215	143	125	83
de	20	286	191	166	111
	23	329	220	191	128
Temperatura	25	358	239	208	139
	28	401	267	233	155
	30	429	286	250	166

Tabela A1.2 - Coeficiente de transmissão de calor(W/m².°C)

Autor: MATOS (2013)

Material	U
Simples (madeira), 1,5cm	3,35
Concreto sem reboco, 5cm	3,61
Concreto sem reboco, 10cm	3,14
Concreto reboco nas duas faces, 5cm	3,14
Concreto reboco nas duas faces, 15cm	2,56
Tijolo cheio, rebocado, 12cm	2,38
Tijolo oco, rebocado, 12cm	2,21
Tijolo oco, rebocado, 25cm	1,55
Tijolo comum, cheios sem reboco, 25cm	2,04
Tijolo comum, cheios com reboco, 25cm	1,98
Tijolo comum, cheios com reboco, 12cm	1,58

Tabela A1.3 - Insolação para câmaras frigoríficas

Fonte: MATOS (2013)

Tipo de superfície	Orientação			
	Leste	Norte	Oeste	Telhado
Cor escura (ardósia, asfalto, tinta preta)	5	3	5	11
Cor média (madeira, tijolos, cimento, pintura vermelha, cinza ou verde)	4	3	4	8
Cor clara (pedras brancas, cimento claro, pintura branca)	2	1	2	5

O cálculo a seguir exemplifica o padrão seguido para calcular a carga térmica de aquecimento devido transmissão de calor por paredes e teto.

Parede 1:

Material Tijolo comum, cheios com reboco, 25cm

U 1,98 W/m².°C(t_e - t_i + Δt_{ins}) 5 °CÁrea 50,75 m²

$$Q_1 = 1.809 \text{ kJ/24h ou } \underline{13 \text{ kcal/h}}$$

A2 – Calor cedido por pessoas

O calor cedido pelas pessoas considerando a temperatura interna desejada de 10°C encontra-se com a seguinte expressão:

$$Q_2 = n q n_p \quad (\text{A2.01})$$

Onde:

Q₂ Calor cedido pelas pessoas (kJ/24h)

n Número de pessoas que circulam no ambiente

q Calor gerado por pessoa (Tabela A2.1) (kJ/h)

n_p Número de horas que cada pessoa permanece no ambiente (h/24h)

Tabela A 2.1 - Calor equivalente por pessoa

Fonte: MATOS, 2013

TEMP. DO AMBIENTE (°C)	CALOR EQUIVALENTE/PESSOA (kJ/h)
10	758,86
5	872,25
0	976,92
-5	1.081,59
-10	1.168,82
-15	1.308,38
-20	1.413,05

Cálculos do calor gerado pelas pessoas nos ambientes:

Embalagem primária:

Pessoas	81
Calor equivalente	758,86 kJ/h
Horas/pessoa	22

$$Q_2 = 1.352.289 \text{ kJ/24h ou } \underline{13.458 \text{ kcal/h}}$$

Embalagem secundária:

Pessoas	23
Calor equivalente	758,86 kJ/h
Horas/pessoa	22

$$Q_2 = 383.984 \text{ kJ/24h ou } \underline{3.821 \text{ kcal/h}}$$

A3 – Calor cedido por motores

Para o cálculo do calor cedido pelos motores, utiliza-se a seguinte expressão:

$$Q_3 = ((P \cdot n_m)/\eta) \cdot 3,6 \quad (\text{A3.01})$$

Onde:

Q_3	Calor cedido pelos motores (kJ/24h)
P	Potência elétrica do motor (W)
n_m	Número de horas de funcionamento do motor (h/24h)
η	Rendimento aproximado do motor (Tabela A3.1)

Tabela A3.1 - Rendimento aproximado de motores

Fonte: MATOS, 2013

Potência elétrica do Motor (W)	η
< 368	0,60
368 a 2208	0,68
2209 a 14720	0,85

A seguir os cálculos do calor gerado pelos motores.

Embalagem primária:

Horas de funcionamento 21h

Motores	6 x 550W = 3300 W	4 x 2200W = 8800W
	2 x 379W = 740W	8 x 320W = 2560W

$$Q_3 = (((3300 + 740 + 8800 + 2560) \cdot 21) / 0,68) \cdot 3,6$$

$$Q_3 = 1.712.118 \text{ kJ/24h ou } \underline{17.038 \text{ kcal/h}}$$

Embalagem secundária:

Horas de funcionamento 21h

Motores	4 x 550W = 2200W	1 x 1100W = 1100W
	1 x 370W = 370W	1 x 750W = 750W
	4 x 320W = 1280W	

$$Q_3 = (((2200 + 370 + 1280 + 1100 + 750) \cdot 21) / 0,68) \cdot 3,6$$

$$Q_3 = 633.706 \text{ kJ/24h ou } \underline{6.306 \text{ kcal/h}}$$

A4 – Calor cedido pela iluminação

Para calcular o calor cedido pela iluminação, utilizou-se a seguinte expressão:

$$Q_4 = P_{ni} \cdot 3,6 \tag{A4.01}$$

Onde:

Q_4 Calor cedido pela iluminação (kJ/24h)

P Potência das lâmpadas (W)
 n_i Número de horas de funcionamento da iluminação (h/24h)

Embalagem primária:

Lâmpadas 30 x 110W = 3300W 12 x 40W = 480W
 Horas de funcionamento 24h

$$Q_4 = (330 + 480) \times 24 \times 3,6$$

$$Q_4 = 326.592 \text{ kJ/24h ou } \underline{3266 \text{ kcal/h}}$$

Embalagem secundária:

Lâmpadas 8 x 110W = 880W 14 x 40w = 560W
 Horas de funcionamento 24h

$$Q_4 = (880 + 560) \times 24 \times 3,6$$

$$Q_4 = 124.416 \text{ kJ/24h ou } \underline{1.245 \text{ kcal/h}}$$

A5 – Calor cedido pela embalagem

Para calcular o calor cedido pelas embalagens considerando o ambiente interno de 10°C, utiliza-se a seguinte expressão:

$$Q_5 = m_c C_c (t_{ee} - t_i) \quad (A5.01)$$

Onde:

Q₅ Calor cedido pelas embalagens (kcal/h)
 m_c Massa diária de embalagens (kg/24h)
 C_c Calor específico da embalagem (Tabela A5.1) (kJ/kg.°C)
 t_{ee} Temperatura de entrada da embalagem (°C)
 t_i Temperatura interna do ambiente (°C)

Tabela A5.1 - Calor específico para alguns materiais

Fonte: Ambiente gelado (2012)

TIPO EMBALAGEM	CALOR ESPECÍFICO (kJ/kg°C)
Alumínio	0,84
Vidro	0,84
Ferro ou aço	0,42
Madeira	2,51
Papel Cartonado	1,47
Caixa de plástico	1,68

A seguir os cálculos realizados com o objetivo de levantar o calor de aquecimento gerado pelas embalagens.

Embalagem primária:Material Plástico, $c_c = 1,68$

Massa diária 373800 emb./24h x 0,005 kg/emb. = 1870 kg/24h

 $t_{ee} = 27^\circ\text{C}$ $t_a = 10^\circ\text{C}$

$$Q_5 = 1870 \times 1,68 \times (27 - 10)$$

$$Q_5 = 53.408 \text{ kJ/24h ou } \underline{531 \text{ kcal/h}}$$

Embalagem secundária:Material Papel cartonado, $c_c = 1,47$

Massa diária 45.150 cx/24h x 0,400 kg = 18.060 kg/24h

 $t_e = 32^\circ\text{C}$ $t_a = 10^\circ\text{C}$

$$Q_5 = 18060 \times 1,47 \times (32 - 10)$$

$$Q_5 = 584.061 \text{ kJ/24h ou } \underline{5.812 \text{ kcal/h}}$$

A6 – Calor devido infiltração

Expressão utilizada para o cálculo de vazão volumétrica:

$$\dot{V} = A V_{el} \quad (A6.01)$$

Onde:

\dot{V} Vazão volumétrica (m³/s)

A Área da abertura (m²)

V_{el} Velocidade do ar (m/s)

Expressão utilizada para o cálculo de vazão mássica de ar:

$$\dot{m} = \dot{V}\rho \quad (A6.02)$$

Onde:

\dot{m} Vazão mássica de ar (kg/s)

\dot{V} Vazão volumétrica (m³/s)

ρ Massa específica do ar (Tabela A6.1) (kg/m³)

Expressão utilizada para realização do cálculo de carga térmica de aquecimento devido infiltração de ar quente nos ambientes:

$$Q_6 = \dot{m}c_p\Delta t \quad (A6.03)$$

Onde:

Q_6 Calor devido infiltração (kcal/s)

\dot{m} Vazão mássica de ar (m³/s)

Δt Variação de temperatura ($t_e t_i$) (°C)

c_p Calor específico do ar (Tabela A6.1) (kcal/kg.°C)

Tabela utilizada para os cálculos de carga térmica de aquecimento devido infiltração de ar quente nos ambientes:

Tabela A6.1 - Constante físicas do ar

Fonte: MATOS, 2013

°C (°C)	ρ (kg/m ³)	C _p (kcal/kg . °C)
0	1,29	0,24
5	1,26	0,24
10	1,24	0,24
15	1,22	0,24
20	1,2	0,24
25	1,18	0,24
30	1,16	0,24
35	1,14	0,24
40	1,12	0,24

Cálculo do calor cedido por infiltração para a abertura 2:

$$A = 2,94 \text{ m}^2$$

$$\text{Vel. medida do ar} = 0,5 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = (30 - 10) = 20^\circ\text{C}$$

$$\text{Vazão volumétrica: } \dot{V} = 2,94 \times 0,5 = 1,47 \text{ m}^3/\text{s}$$

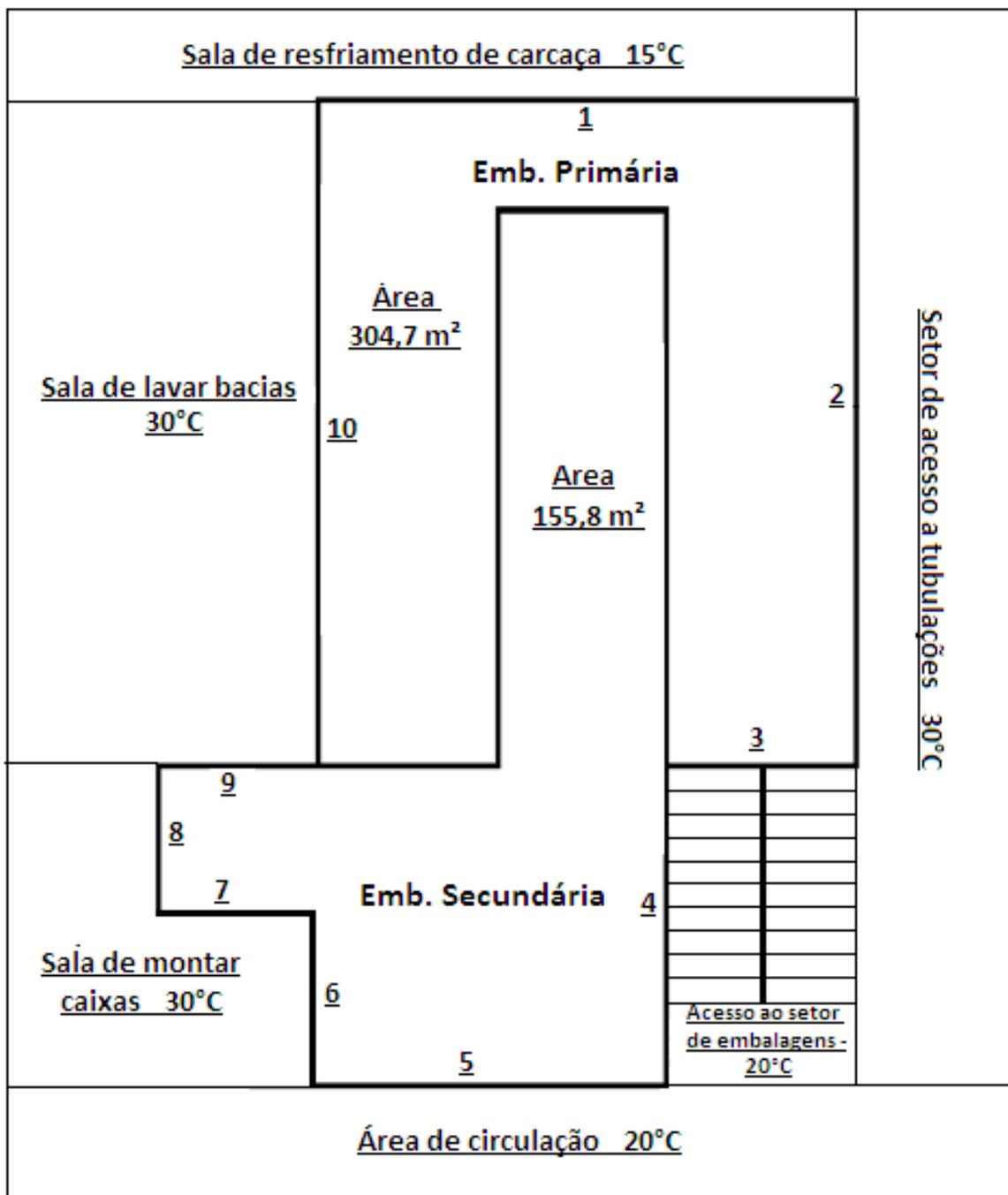
$$\text{Vazão mássica: } \dot{m} = 1,47 \times 1,16 = 1,71 \text{ kg/s}$$

$$Q_6 = 1,71 \times 0,24 \times 20$$

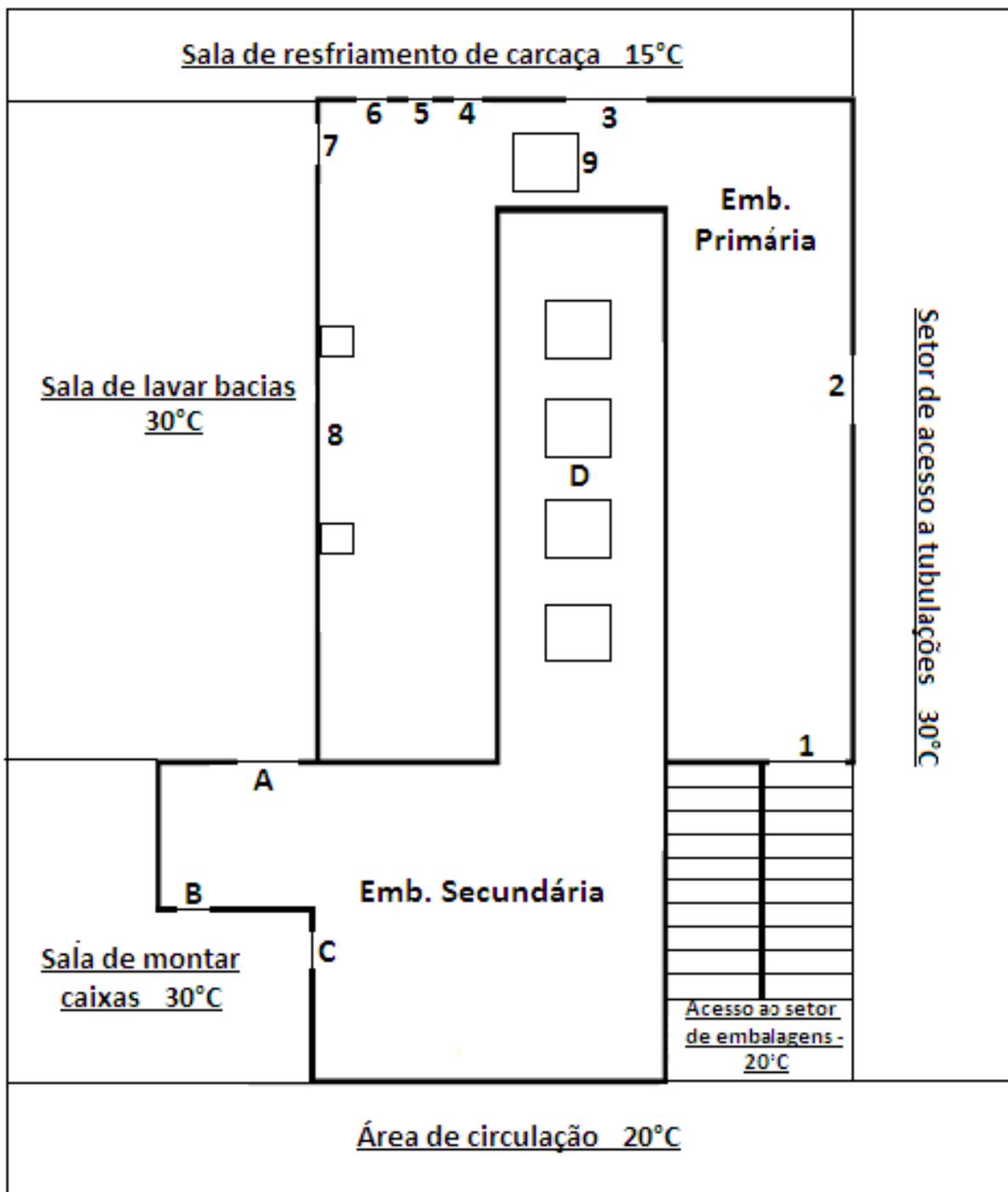
$$Q_6 = 8,21 \text{ kcal/s ou } \underline{29.556 \text{ kcal/h}}$$

Considerando que a abertura 2 permanece aberta aproximadamente 10 min/h teremos: 4.926 kcal/h

ANEXO 1 – DESENHO DA SALA DE EMBALAGEM PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA COM A IDENTIFICAÇÃO DAS PAREDES CRÍTICAS.



ANEXO 2 – ABERTURAS EXISTENTES NOS SETORES DE EMBALAGEM.



ANEXO 3 – POTÊNCIA DOS EVAPORADORES INSTALADOS NA SALA DE EMBALAGEM PRIMÁRIA E NA SALA DE EMBALAGEM SECUNDÁRIA.

