

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
AUGUSTO CEZAR SOFFA**

VIABILIDADE DE REVESTIMENTO NO PISO CÂMARA FRIA

CASCADEL – PR

2017

AUGUSTO CEZAR SOFFA

VIABILIDADE DE REVESTIMENTO EM CÂMARA FRIA

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz – FAG, como requisito parcial de avaliação do 1º bimestre.

Professor Orientador: Rogerio Luiz Ludegero.

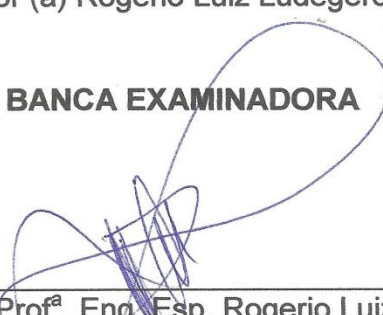
CASCADEL - PR

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
AUGUSTO CEZAR SOFFA

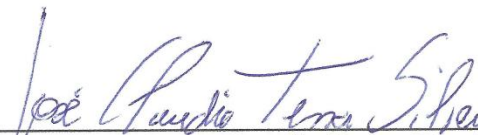
VIABILIDADE DE REVESTIMENTO EM CÂMARA FRIA

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor (a) Rogerio Luiz Ludegero.

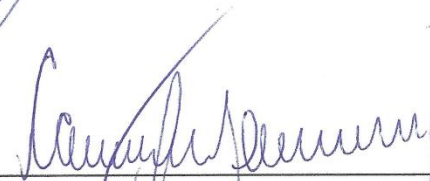
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof^a. Eng. Esp. Rogerio Luiz Ludegero
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Eng. Esp. José Claudio Terra Silveira
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Eng. Esp. Carlos Eduardo Goulart Ferreira
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 1 de dezembro de 2017

DEDICATÓRIA

A todos os que sempre me ampararam e incentivaram, em especial
aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus familiares, que me apoiaram durante todo o período do curso e a minha namorada que esteve ao meu lado.

Agradeço ainda ao meu professor orientador, que esteve disposto a ajudar e auxiliar, independentemente do horário.

Agradeço também a todos os meus amigos, de dentro e de fora da graduação, por estarem presentes, proporcionando boas memórias durante o tempo de graduação.

Muito obrigado a todos vocês por fazerem isso tornar realidade.

RESUMO

Com aumento significativo das tarifas de energia, os custos para a produção de câmara fria começaram a aumentar. Logo, buscaram-se formas de redução de custos e de otimização de sistemas. Na área de frigoríficos, notou-se que uma parcela de câmaras frias relativas à estocagem, não apresenta em sua construção o isolante em sua parte inferior. Sendo assim, a proposta do presente trabalho é uma análise a respeito da viabilidade de aplicação de revestimento no piso de tal câmara fria mediante utilização de cálculos das novas cargas térmicas e em seguida determinado o novo equipamento para nova carga, de sorte que houve diferença quanto ao consumo de energia. Assim, com a diferença no valor da despesa de energia, foi realizado cálculo que demonstrou que em cinco anos e meio haveria o retorno financeiro, contando-se ainda o tempo de vida útil do equipamento como sendo de sete anos.

Palavras – chave: refrigeração, câmara frigorífica, cargas térmicas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Câmara fria rudimentar para chá.	15
Figura 2 - Frederick Tudor, “Ice King”	16
Figura 3 – Projeto de câmara fria.	29
Figura 4 - Nomenclatura das Paredes.....	31
Figura 5 - Piso sem Revestimento	32
Figura 6 - Carta Psicrométrica de Foz do Iguaçu - PR.....	35
Figura 7 – Vista Lateral do Piso com Revestimento.....	38
Figura 8 - Vista Lateral da Rampa.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condições climáticas de Foz do Iguaçu – PR	18
Tabela 2 - Densidade do Produto.....	30
Tabela 3 - Condutividade Térmica dos Materiais	32
Tabela 4 - Carga Térmica em Câmaras Frigoríficas.....	34
Tabela 5 - Condições do Ambiente Externo e Interno	35
Tabela 6 - Calor Liberado por Pessoa.....	36
Tabela 7 - Resultados dos Cálculos.....	45
Tabela 8 - Payback do Projeto	48

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Volume da câmara	19
Equação 2 - Volume útil	20
Equação 3 - Carga de armazenagem	20
Equação 4 - Giro diário de produto	20
Equação 5 - Carga de penetração	21
Equação 6 - Somatório das cargas de penetração	22
Equação 7 - Resistência térmica.....	22
Equação 8 - Carga de infiltração	23
Equação 9 - Carga térmica.....	24
Equação 10 - Carga por embalagem	24
Equação 11 - Carga de iluminação	25
Equação 12 - Carga por pessoa.....	25
Equação 13 - Carga de motores	26
Equação 14 - Carga de respiração.....	26
Equação 15 - Carga de produto	27
Equação 16 - Carga de semi - resfriamento.....	27
Equação 17 - Somatório de cargas para carnes	28
Equação 18 - Somatório de cargas sem carnes.....	28
Equação 19 - Cálculo do comprimento de rampa	39
Equação 20 - Custo de isolante	46
Equação 21 - Custo mensal	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASHARE - American Society Heating Air Condition Refrigeration

COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

EPS - Poliestireno Expandido

ICMS – Imposto Sobre Circulação de Mercadorias

KG - Quilograma

KCAL - Quilocaloria

KW - Quilowatt

R\$ - Real, Moeda

NBR - Denominação de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

UR - Umidade relativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo geral	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA	13
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.4 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 HISTÓRIA DAS CÂMARAS FRIGORÍFICAS	15
2.2 CÂMARAS ATUAIS.....	17
3 METODOLOGIA	19
3.1 Volume da Câmara	19
3.1 Volume Útil	20
3.2 Carga de Armazenagem	20
3.3 Carga Rotativa Diária de Produto.....	20
3.4 Carga de Penetração	21
3.5 Somatório das Cargas de Penetração	22
3.6 Carga de Infiltração	23
3.7 Carga Térmica.....	24
3.8 Carga por Embalagem	24
3.9 Carga de Iluminação	25
3.10 Carga por Pessoa	25
3.11 Carga de Motores.....	26
3.12 Carga de Respiração.....	26
3.13 Carga de Produto	27
3.14 Carga de Produto com Semi - Resfriamento.....	27
3.15 Somatório de Cargas.....	28
3.16 Somatório de Cargas sem Carnes	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1 CÁLCULO SEM O ISOLANTE	30
4.2 CÁLCULO COM O ISOLANTE.....	38

4.2.1 Cálculo Comprimento de Rampa	39
4.3 VIABILIDADE DO PROJETO	46
4.3.1 Custo do Isolante	46
4.3.2 Custo Anual.....	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS	52

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho visa analisar a viabilidade técnica quanto à redução de carga térmica localizada na parte inferior de uma câmara fria, a qual, ao longo do tempo, poderá significar economia tanto sob o aspecto financeiro em si, quanto sob o aspecto de uso de materiais e demais equipamentos.

Sendo assim, tem-se que as câmaras frigoríficas são utilizadas para conservação do frio e têm como função armazenagem de produtos alimentícios com objetivo de mantê-los conservados para consumo.

Desta forma, as câmaras frias podem ter três finalidades, quais sejam: a câmara de congelamento tem a função de congelar rapidamente os produtos, sendo ela feita em forma de túnel para acelerar o processo, onde os congelados são dispostos em tendal para carnes e prateleiras; as câmaras de resfriamento por sua vez são projetadas como um corredor, mas os produtos são dispostos da mesma maneira, onde são colocados em roldanas para fácil manuseio das peças dentro do espaço; e, as câmaras de estocagem, que possuem a forma de pilhas. Podem ser feitas manualmente ou com empilhadeiras, sendo que suas áreas de estoque são em quartos ou galpões maiores, o que permite o manuseio adequado das mercadorias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

A proposta do trabalho é analisar viabilidade do isolante na parte inferior da câmara fria, o qual pode gerar economia financeira também quanto à utilização de equipamentos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar os gastos e possível economia a fim de identificar a viabilidade do estudo.
- Observar quanto o isolamento influencia no consumo de energia e determinar o tempo que o equipamento deverá funcionar para que haja compensação.
- Comparar a carga térmica da câmara fria com e sem o isolante.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com aumento das tarifas de energia, muitas empresas procuram formas de reduzir custos. Por meio deste problema, o trabalho procura mostrar que eventualmente um gasto a mais no começo do projeto, pode gerar economia, uma vez que com o decorrer do tempo, termine por pagar as despesas iniciais e ainda gerar lucro à empresa, sem necessidade de se tomar medidas drásticas. “Saber administrar custos significa entendimento da atividade e compromisso com os resultados almejados porque a empresa prospera pelo somatório de ações envolvidas no trabalho de forma responsável e consciente.”(PORTALEDUCAÇÃO 2017) .

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

É possível que um investimento inicialmente alto, seja considerado financeiramente viável mediante o decurso de prazo razoável de tempo, gerando economia mensal em favor do cliente?

1.4 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

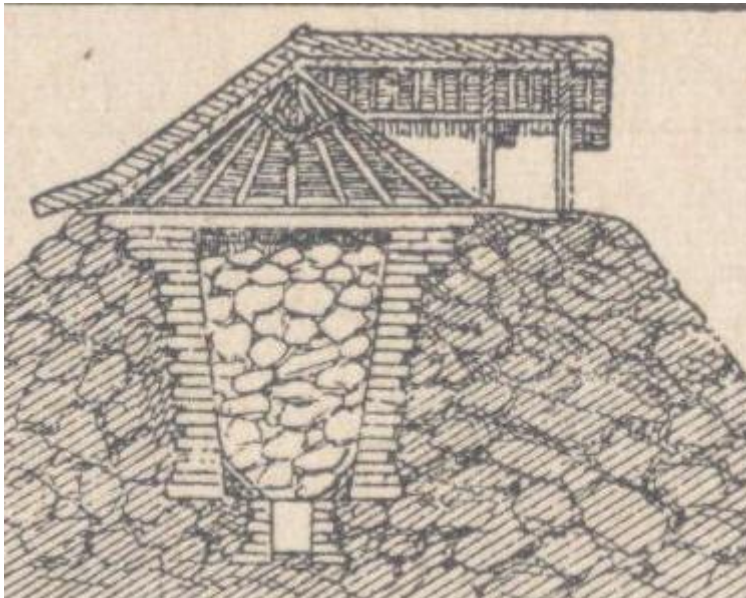
A análise de projeto será baseada em um caso real. O estudo será feito em uma câmara de estocagem, sendo que a mesma trabalha no regime de temperatura de 0°C, com dimensões de 4,45 metros de largura, 10,1 metros de comprimento na parte interna, e com 4.85 metros de largura, 10,5 metros de comprimento na parte externa da câmara, possuindo ainda duas portas com 2 metros de altura e 80 centímetros de largura, usadas para acesso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRIA DAS CÂMARAS FRIGORÍFICAS

As primeiras formas de uso do frio foram para manter bebidas geladas e frescas. Pode-se citar a civilização chinesa que há muito tempo usavam o gelo natural, colhido nas superfícies dos rios e lagos congelados, o qual era estocado com grandes cuidados, em poços cobertos com palha e cavados na terra, com a finalidade de conservar o chá que consumiam conforme Figura 2.

Figura 1 - Câmara fria rudimentar para chá.



Fonte: REFRICENTROCURITIBA, (2013)

As civilizações gregas e romanas que também aproveitavam o gelo colhido no alto das montanhas, a custo do braço escravo, para o preparo de bebidas e alimentos gelados. Já a civilização egípcia, que devido a sua situação geográfica e ao clima de seu país, não dispunham de gelo natural, refrescavam a água por evaporação, usando vasos de barro. Como o vaso de barro é poroso, deixa passar um pouco da água contida no seu interior, a evaporação desta para o ambiente faz baixar a temperatura do sistema (REFRIMAQ, 2017).

Ainda assim, não há registros significativos de desenvolvimento em tal área, a qual permaneceu estagnada, buscando-se obtenção de gelo somente através da

natureza, restringindo-se assim seu uso. No entanto, posteriormente, houve o comércio de blocos de gelo mediante exportação para áreas onde não existia a sua disposição natural.

Frederick Tudor, pioneiro no ramo, iniciou a atividade retirando blocos de gelo do rio Hudson (em Nova York) e mananciais próximos, vendendo-os a grande parte da população, por um preço bem acessível, conforme Figura 3.

Tudor, eventualmente despachava gelo para locais ao redor do mundo e sua primeira empreitada foi um carregamento de 130 toneladas, para o porto de St. Pierre, na ilha da Martinique, na região do Caribe. O gelo era desconhecido por lá e não havia instalações para armazená-lo. A empreitada poderia ter sido um desastre caso Tudor não tivesse se associado a um proprietário local do setor de alimentos com o qual produziu e comercializou sorvetes (REFRIGERAÇÃO 2017).

Figura 2 - Frederick Tudor, “Ice King”



Fonte: ICEHARVESTINGUSA (2008)

2.2 CÂMARAS ATUAIS

As câmaras frigoríficas atuais são grandes salas isoladas e providas de equipamentos para produção de frio, Rapin (2001, p. 191) diz-se que “suas paredes em sua parte exterior são compostas de tijolos ou cimento, seu isolamento é feito em poliestireno expandido para as paredes verticais e tetos, e em styrofoam ou cortiça pra os pisos”.

Ainda, as câmaras passaram por mais processos de modernização, o que acabou por retirar a necessidade do tijolo e cimento, apresentando assim nova forma, composição recomendada, revestimento em aço zincado pré-pintado ou em inox, com núcleo isolante em poliuretano ou poliisocianurato, acessórios e ferragens em aço galvanizado, alumínio, inox ou plástico de engenharia (Informação verbal).

Devem-se empregar materiais de baixa densidade, com muito pouca condutividade térmica, não-higroscópicos, imputrescíveis com grande poder de reflexa, estáveis entre certos limites de temperatura, não inflamáveis e inertes em relação à madeira ou ao ferro, quando em contato com eles. (RAPIN, 2001, p 187)

Alguns dos materiais são:

- Cortiça.
- Fibra de vidro.
- Poliestireno expandido.
- Styrofoam.
- Espumas de poliuretano.
- Lã mineral.
- Lã de rocha.

Tais materiais possuem baixa densidade, assim garantindo o caráter isolante e possibilitando o seu uso para construção das câmaras frias.

O local onde a câmara será instalada também deve ser levado em consideração, pois desperdícios financeiros na conta de luz podem sofrer aumento diante de uma má escolha quanto ao local de montagem. Sendo assim, em lugares com alta incidência de sol, há aumento da taxa de perda de carga. No mesmo

sentido, manter a temperatura ideal sob folhas de zinco, que irradiam calor o tempo todo a partir do teto, freqüentemente requererá um equipamento com capacidade dobrada (Informação verbal).

O trabalho em tela tratará sobre uma câmara moderna, localizada na cidade de Foz do Iguaçu, a qual apresenta as seguintes características, conforme a Tabela 1:

Tabela 1 - Condições climáticas de Foz do Iguaçu – PR

PR	Foz do Iguaçu		Latitude	Longitude	Altitude	Pr. atm	Período	
			25,52S	54,58W	243m.	98,44	85/01	
Mês>Qnt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade		
Out	Anual	TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc
	0,4%	35,1	23,6	26,1	31,6	24,6	20,1	28,7
ΔTmd	1%	34,1	23,7	25,6	31,1	24,0	19,5	28,2
11,7	2%	33,1	23,5	25,1	30,6	23,5	18,9	27,7

Fonte: ABNT NBR 16401-1:2008, (2008)

Será adotada a temperatura média de 34°, umidade relativa de 60% conforme NBR 16401-1, em Anexo 1.

3 METODOLOGIA

O cálculo para carga térmica de câmaras abrange pontos como: carga de produto, penetração, infiltração, iluminação, motor e pessoas, mantendo-se um período de 24 horas.

A carga térmica de refrigeração de um frigorífico pode ser dividida nos seguintes itens:

Penetração

Infiltração

Produto

Diversos (Iluminação, Motores, Pessoas, etc.).

O cálculo da carga térmica é feito normalmente para 24 horas. (Costa, 1983, p. 280)

Sendo assim, deve-se obedecer a um padrão, este sendo a norma americana ASHARE, a qual apresenta passo a passo para fácil entendimento.

3.1 Volume da Câmara

Para um bom acondicionamento de produtos no interior da câmara, sugere-se a utilização de 70% do espaço útil da câmara frigorífica, garantindo-se assim, 30% de espaço livre para as trocas de ar (HEATCRAFT, 2006).

Para realizar os cálculos para a câmara, é necessário primeiramente saber seu volume pela Equação 1:

$$V_c = a \times H \times L \quad (1)$$

Onde:

V_c : Volume da câmara (m³)

a : Largura da câmara (m)

C : Comprimento da câmara (m)

H : Altura da câmara (m)

3.1 Volume Útil

Após cálculo do volume, é necessário saber volume útil da câmara, o que deve ser 70% do volume total, conforme Equação 2:

$$V_u = V \times 0.7 \quad (2)$$

Onde:

V_u : Volume útil (m³)

V : Volume da câmara (m³)

3.2 Carga de Armazenagem

Com volume útil determinado é necessário saber a carga de armazenagem de produto, para determinar o quanto será necessário resfriar, conforme Equação 3:

$$C_a = V_u \times \delta \quad (3)$$

Onde:

C_a : Carga de armazenagem (kg)

V_u : Volume útil (m³)

δ : Densidade do produto a ser armazenado (kg/m³)

3.3 Carga Rotativa Diária de Produto

Ao calcular a carga térmica para uma câmara, não se deve considerar a carga total de produtos, mas sim, a carga rotativa diária da câmara. A carga rotativa deve ser 30% da carga total (HEATCRAFT, 2006).

Conforme Equação 4:

$$G_d = C_a \times 0.3 \quad (4)$$

Onde:

G_d : Carga rotativa diária de produto (kg)

C_a : Carga de armazenagem (kg)

Determinada a quantidade de produto que se pode armazenar, o quanto é movimentado dentro da câmara, deve-se calcular a carga térmica que será necessária para manter o produto resfriado à temperatura correta, conforme livro REFRIGERAÇÃO de Ênnio Cruz da Costa (2009).

Assim, para o cálculo de penetração na câmara, que correspondem as cargas das paredes, são considerados o piso e o teto, sendo que são compostas por isolantes que dificultam a passagem de calor para o ambiente interno da câmara.

A colocação do isolamento deve ser feita com todo cuidado, de modo a garantir a sua continuidade, evitando-se:

- falhas de isolação;
- superfícies de menor isolamento;
- condensações internas;
- pontos de congelamento, etc, etc.

Assim quando sobre paredes de alvenaria, o isolante deve ser aplicado sempre em 2 ou mais camadas contrafiadas. (Costa, 1982 ,p. 234)

Atualmente as paredes, não são mais com alvenaria em seu exterior, são utilizadas chapas de metal e entre elas é colocado o revestimento requisitado pelo projeto. Com isso, a carga de infiltração é a relação de área da superfície, com o coeficiente do isolamento interno, diferencial de temperatura e dividido pela espessura do isolamento, como mostra a equação abaixo.

3.4 Carga de Penetração

Os sistemas de refrigeração estarão sempre sujeitos a um ganho de calor pelas paredes, o isolamento não é plenamente eficiente, assim, sempre haverá alguma perda de calor pelas paredes, o calor tende a se deslocar para uma área menos aquecida (resfriada). (MILLER, 2008)

Sendo ela apresentada pela Equação 5:

$$Q_{penetração} = A \cdot \frac{K}{E} \cdot (T1 - T2) \quad (5)$$

Onde:

$Q_{\text{penetração}}$: Carga de penetração (Kcal/h)

A : Área da superfície (m²)

K : Condutividade térmica do material (Kcal/mh°C)

E : Espessura do material (m)

T_1 : Temperatura externa (°C)

T_2 : Temperatura interna (°C)

3.5 Somatório das Cargas de Penetração

Somatório das cargas de penetração, Equação 6:

$$Q_{\text{penetração}} = Q_{\text{paredes}} + Q_{\text{piso}} + Q_{\text{teto}} \quad (6)$$

Para materiais com diferentes características, Equação 7:

Na prática, muitas vezes encontramos paredes planas que consistem em várias camadas de materiais diferentes. O conceito de resistência térmica ainda pode ser utilizado para determinar a taxa de transferência de calor permanente através dessas paredes compostas. Como você já deve ter adivinhado, isso é feito simplesmente observando que a resistência de condução de cada parede é L/kA , sendo ligadas em série e usando a analogia elétrica, ou seja, dividindo a *diferença de temperatura* entre duas superfícies em temperaturas conhecidas pela *resistência térmica* total entre elas.(Çengel, 2011,p. 141).

$$R_{\text{total}} = \frac{L_1}{K_1 A} + \frac{L_2}{K_2 A} \quad (7)$$

Onde:

R_{total} : Resistência total do material

L_1 : Espessura do primeiro material (m)

L_2 : Espessura do segundo material (m)

K_1 : Coeficiente de condutividade térmica do primeiro material(Kcal/h°Cm)

K_2 : Coeficiente de condutividade térmica do segundo material
(Kcal/h°Cm)

A : Área da superfície (m²)

Assim caso haja mais materiais para compor o revestimento, basta adicionar a equação, assim possuirá a resistência total do material.

3.6 Carga de Infiltração

A infiltração de cargas ocorre do ar externo para dentro do ambiente da câmara, sendo assim através das portas, com isso é necessário realizar a contabilização das mesmas, conforme a Equação 8 ASHRAE 2002.

$$Q_{\text{infiltração}} = V_c \times F \times \frac{1}{V_e} \times (H_e - H_i) \quad (8)$$

Onde:

$Q_{\text{infiltração}}$: Carga de infiltração (Kcal/dia)

V_c : Volume da câmara (m³)

F : Fator de infiltração de ar

V_e : Volume específico do ar externo (m³/kg)

H_e : Entalpia do ar externo (Kcal/kg)

H_i : Entalpia do ar interno (Kcal/kg)

Ao consideramos a carga por infiltração, é necessário saber algumas propriedades e características a fim de obter um melhor isolamento e evitar infiltrações indesejadas.

3.7 Carga Térmica

Carga térmica do produto, essa composta pelo calor liberado do mesmo, para que ocorra o resfriamento é calculada pela seguinte Equação 9:

$$Q_{produto} = G \times [C \times (t_i \times t_o) \times r \times C' \times (t_o - t_f)] \quad (9)$$

Onde:

$Q_{produto}$: Calor removido (Kcal)

G : Massa do produto (kg)

C : Calor específico do produto antes do congelamento (Kcal/kg*°C)

t_i : Temperatura inicial do produto (°C)

t_o : Temperatura de congelamento do produto (°C)

C' : Calor específico do produto (Kcal/kg*°C)

r : Calor latente de congelamento do produto

t_o : Temperatura de congelamento do material (°C)

t_f : Temperatura final do produto (°C)

3.8 Carga por Embalagem

Carga por embalagem, essa que é a responsável pelo quanto a embalagem influencia no processo de resfriamento, é apresentada pela Equação 10:

$$Q_{embalagem} = m \times c_p \times (t_1 - t_2) \quad (10)$$

Onde:

$Q_{embalagem}$: Carga por embalagem (Kcal)

m : Massa da embalagem (kg)

c_p : Calor específico da embalagem (Kcal/kg*°C)

t_1 : Temperatura de entrada da embalagem (°C)

t_2 : Temperatura final da embalagem (°C)

3.9 Carga de Iluminação

Carga de iluminação, composta pelo calor que as lâmpadas do ambiente interno da câmara liberam, é apresentada pela seguinte equação 12:

$$Q_{iluminação} = 0.86 \times w \times \tau \text{ kcal/dia} \quad (11)$$

Onde:

$Q_{iluminação}$: Carga de iluminação (Kcal)

w : Potência da lâmpada (w)

τ : Tempo que permanece ligada (h)

Como o resultado obtido é em Watts, necessário realizar a conversão de Watts para Kcal/h, sendo que 1 Kcal/h equivale a 1,163 W

3.10 Carga por Pessoa

A carga por pessoa é composta pela quantidade de calor que cada indivíduo dentro do ambiente da câmara irá liberar calculada pela Equação 11:

$$Q_{pessoa} = n \times q \times \tau \text{ kcal/dia} \quad (12)$$

Onde:

Q_{pessoa} : Carga por pessoa (Kcal)

n : Número de pessoas

q : Calor liberado por pessoa e por hora (Kcal/h)

τ : Tempo em horas (h)

3.11 Carga de Motores

Carga de motores é destinada para os equipamentos que operam fora da câmara, conforme livro REFRIGERAÇÃO de Ênnio Cruz da Costa (2009) expressa pela seguinte Equação 13:

$$Q_{carga\ motores} = P_{c*v} \times 632 \times \tau \text{ kcal/dia} \quad (13)$$

Onde:

$Q_{carga\ motores}$: Carga dos motores (kcal)

P_{c*v} : Potência do motor (cv)

632 : Calor dissipado por c.v.h na carga da câmara

τ : Tempo de funcionamento (h)

3.12 Carga de Respiração

Carga de respiração é destinada para carnes destinadas ao corte, pois como ainda estão frescas e não embaladas deterioram no interior por conta do contato com o oxigênio, assim é necessário saber o calor liberado por esta reação e contabilizar ao total, apresentada pela Equação 14:

$$Q_{respira\ ç\tilde{a}o} = \frac{q_v \times m_e}{t} \quad (14)$$

Onde:

$Q_{respira\ ç\tilde{a}o}$: Carga de respiração (kcal)

q_v : Calor vital (kcal)

m_e : Massa estocada (kg*h)

t : Tempo do processo

3.13 Carga de Produto

A carga de produto para carnes devido ao fato de ocorrer a respiração, apresenta uma nova carga de produto que é calculada pela Equação 15:

$$Q_{\text{produto carne}} = \frac{m \times (h_i - h_f)}{t} \quad (15)$$

Onde:

$Q_{\text{produto carne}}$: Carga de produto (kcal)

m : Massa de produto estocada (kg)

H_i : Entalpia inicial do produto (kcal/kg)

H_f : Entalpia final do produto (kcal/kg)

t : tempo do processo (h)

3.14 Carga de Produto com Semi - Resfriamento

Carga de produto com semi – resfriamento é destinada a carnes que recém passaram pelo processo de corte, para que não ocorra uma deterioração do produto, dessa forma deve ser resfriada de maneira brusca a fim de diminuir essa ação, que é apresentada pela Equação 16:

$$Q_{\text{semi resfriamento}} = \frac{m \times (H_i - H_f)}{(4 \text{ ou } 5)h} \quad (16)$$

Onde:

$Q_{\text{semi resfriamento}}$: Carga para semi – resfriamento (kcal)

m : Massa de produto (kg)

H_i : Entalpia inicial do produto (kcal/kg)

H_f : Entalpia final do produto (kcal/kg)

3.15 Somatório de Cargas

Somatório de todas as cargas é feito para saber o total de calor de uma câmara e por sua vez saber o quanto o equipamento que será instalado deve suprir a fim de manter o ambiente nas condições de uso necessárias. Apresenta duas formas, uma para produtos que são de carnes de corte, sem embalagens e para os demais produtos:

Caso produto seja carne para corte, carcaças, Equação 17:

$$Q_{total} = Q_{infiltra\ ç\tilde{a}o} + Q_{embalagem} + Q_{pessoa} + Q_{ilumina\ ç\tilde{a}o} + Q_{carga\ motores} + Q_{penetra\ ç\tilde{a}o} + Q_{respira\ ç\tilde{a}o} + Q_{produto\ carne} + Q_{semi\ resfriament\ o} \quad (17)$$

3.16 Somatório de Cargas sem Carnes

Caso não seja para carne de corte, Equação 18:

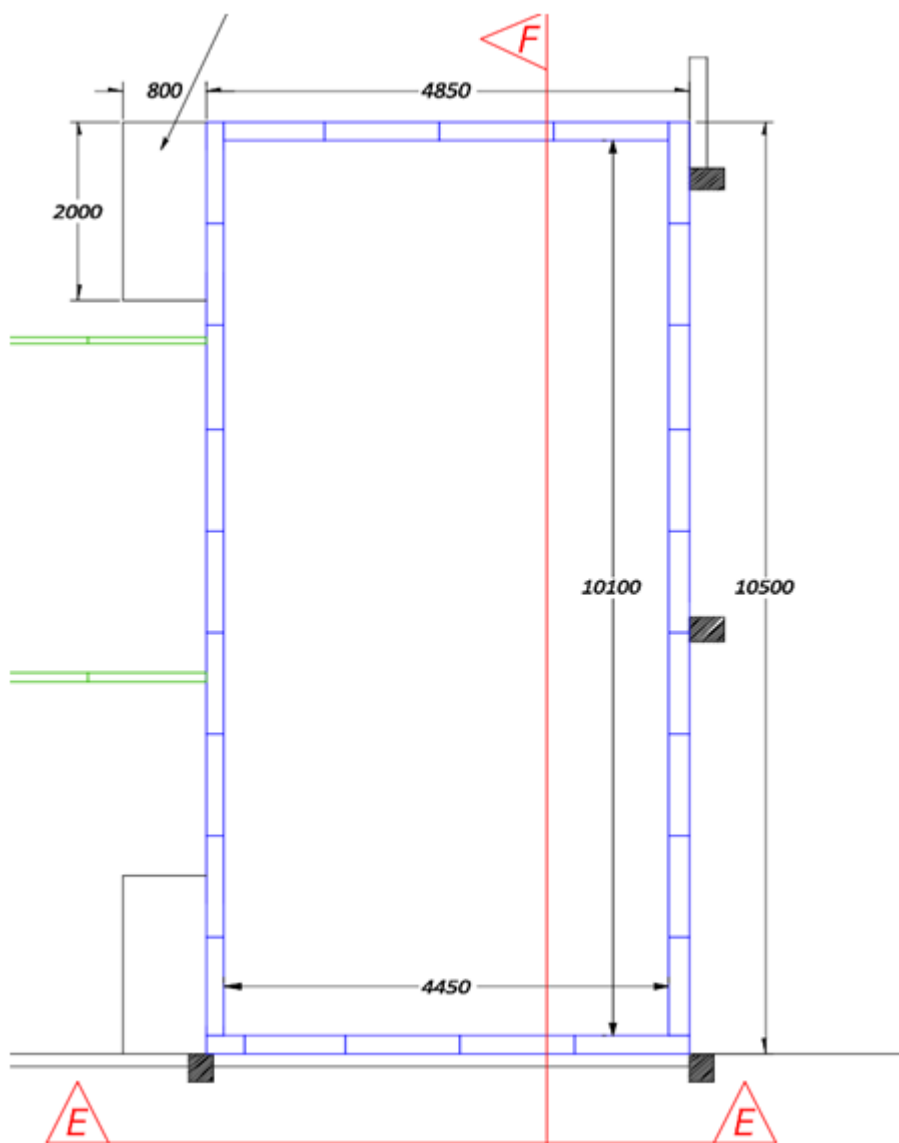
$$Q_{total} = Q_{produto} + Q_{infiltra\ ç\tilde{a}o} + Q_{embalagem} + Q_{pessoa} + Q_{ilumina\ ç\tilde{a}o} + Q_{carga\ motores} + Q_{penetra\ ç\tilde{a}o} \quad (18)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os cálculos não apresentam todas as equações anteriormente vistas, pois o produto da câmara é carne já embalada, o que não torna necessário cargas para carne destinadas a corte ou transporte de carcaças.

A câmara é apresentada conforme a Figura 3:

Figura 3 – Projeto de câmara fria.



Fonte: ISOTERM (2017)

4.1 CÁLCULO SEM O ISOLANTE

Para o cálculo do projeto será seguido a ordem apresentada das equações:

- Volume da câmara:

$$V_c = 10,1m \times 4,45m \times 5m \quad (1)$$

$$V_c = 224,725m^3$$

- Volume útil:

$$V_u = 224,725m^3 \times 0,7 \quad (2)$$

$$V_u = 157,3075m^3$$

Carga de armazenagem, densidade do produto conforme tabela 2, disponível em Anexo 2:

Tabela 2 - Densidade do Produto

Produto	Densidade
Carne bovina s/ osso(Caixas 59x85cm~25/30 kg)	700kg/m ³

Fonte: HEATCRAFT, (2017)

$$C_a = 157,3075m^3 \times 700Kg/m^3 \quad (3)$$

$$C_a = 110115,25Kg$$

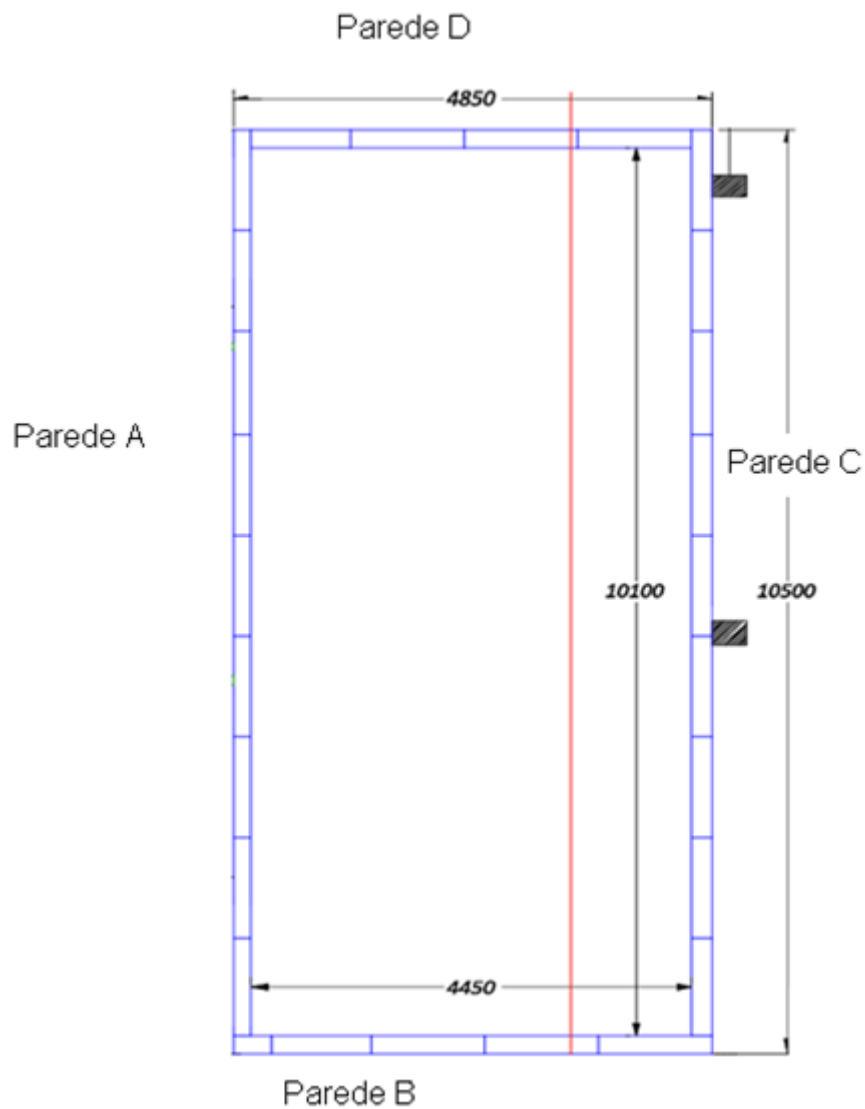
- Giro diário de produto:

$$G_d = 110115,25Kg \times 0,3 \quad (4)$$

$$G_d = 33034,575Kg$$

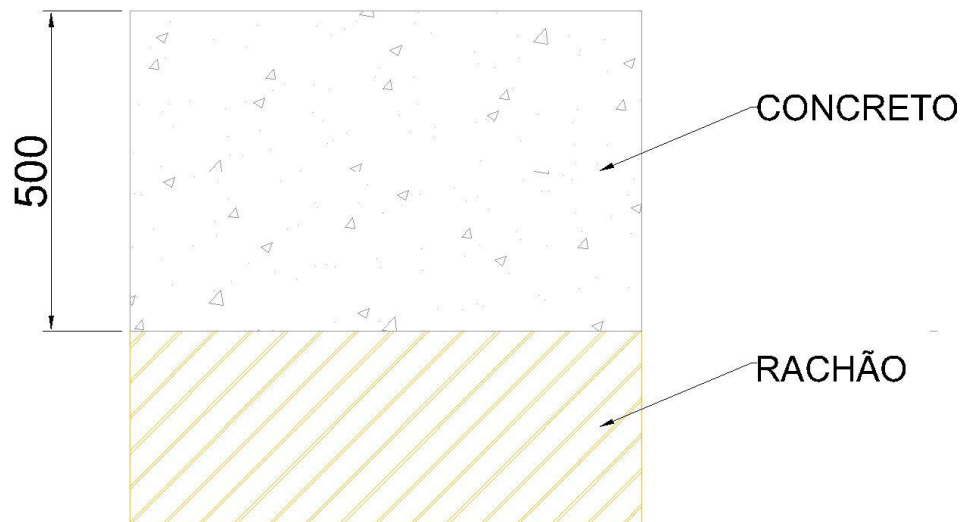
Para realizar os cálculos das cargas de penetração, a fim de melhor visualização, houve separação de cada parede por uma letra e a condutividade térmica dos materiais conforme as Figuras 4, 5 e a Tabela 6 disponível no Anexo 3:

Figura 4 - Nomenclatura das Paredes



Fonte: Próprio autor, (2017)

Figura 5 - Piso sem Revestimento



Fonte: Próprio autor, (2017)

Tabela 3 - Condutividade Térmica dos Materiais

Produto	K kcal/h°Cm²
Poliestireno (expandido)	0,028

Fonte: HEATCRAFT, (2017)

$$Q_{\text{penetração}} = A \cdot \frac{K}{E} \cdot (T1 - T2) \quad (5)$$

- Para parede A

$$Q_{pa} = \frac{(10,1m \times 5m) \times \frac{0,028Kcal}{h^{\circ}Cm^2} \times (34 - 0)^{\circ}C}{0,2m}$$

$$Q_{pa} = 240,38Kcal/h$$

- Para parede B

$$Q_{pb} = \frac{(4,45m \times 5m) \times \frac{0,028Kcal}{h^{\circ}Cm^2} \times (34 - 0)^{\circ}C}{0,2m}$$

$$Q_{pb} = 105,91Kcal/h$$

- Para parede C

$$Q_{pc} = \frac{(10,1m \times 5m) \times \frac{0,028Kcal}{h^{\circ}Cm^2} \times (34 - 0)^{\circ}C}{0,2m}$$

$$Q_{pc} = 240,38Kcal/h$$

- Para parede D:

$$Q_{pd} = \frac{(4,45m \times 5m) \times \frac{0,028Kcal}{h^{\circ}Cm^2} \times (34 - 0)^{\circ}C}{0,2m}$$

$$Q_{pd} = 105,91Kcal/h$$

- Teto:

$$Q_t = \frac{(10,1m \times 4,45m) \times \frac{0,028Kcal}{h^{\circ}Cm^2} \times (34 - 0)^{\circ}C}{0,2m}$$

$$Q_t = 213,93Kcal/h$$

- Carga para o piso só com concreto:

$$Q_p = \frac{(10,1m \times 4,45m) \times \frac{0,81Kcal}{h^{\circ}Cm^2} \times (22 - 0)^{\circ}C}{0,5m}$$

$$Q_p = 1601,83Kcal/h$$

- Somatório das cargas de penetração:

$$Q_{penetração} = Q_{pa} + Q_{pb} + Q_{pc} + Q_{pd} + Q_t + Q_p \quad (6)$$

$$Q_{penetração} = 240,38Kcal/h + 105,91Kcal/h + 240,38Kcal/h + 105,91Kcal/h \\ + 213,93Kcal/h + 1601,83Kcal/h$$

$$Q_{penetração} = 2508,35Kcal/h$$

Carga térmica do produto, carga por embalagem, carga de respiração e carga de semi-resfriamento, não serão utilizadas, devido ao fato da câmara ser de armazenamento, ou seja, não será necessário retirar calor do produto, somente conservar sua temperatura, conforme requisitado no projeto.

Para a carga de infiltração, será necessário saber a carga térmica da câmara frigorífica, disponível na Tabela 4, também como os dados das condições do ar exterior e interior da mesma, conforme a Figura 6 e a Tabela 5, disponíveis em Anexo 4 e 5.

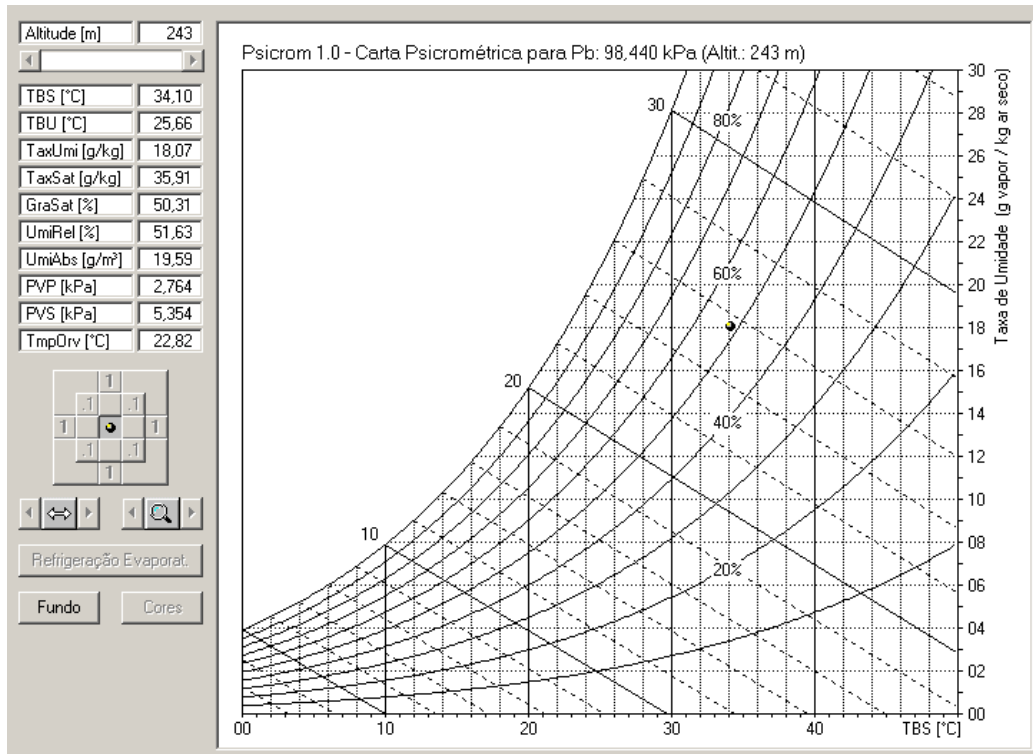
Tabela 4 - Carga Térmica em Câmaras Frigoríficas

Volume da câmara m ³	Trocas de ar em 24 horas	
	T ≥ 0°C	T < 0°C
169	6,5	5,6
225	5,5	5,6

Fonte: HEATCRAFT, (2017)

Com o software Psicrom 1.0, desenvolvido pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), foi possível determinar os dados das condições de Foz do Iguaçu no Paraná, conforme a Figura 4:

Figura 6 - Carta Psicrométrica de Foz do Iguaçu - PR



Fonte: Psicrom 1.0, (2017).

Obtiveram-se as seguintes variáveis, dispostas na tabela Tabela 5:

Tabela 5 - Condições do Ambiente Externo e Interno

Propriedades	Ar externo (Paraná)	Ar interno (Câmara frigorífica)
Temperatura de bulbo seco (°C)	34,0	0
Umidade relativa (%)	60	90
Entalpia (kcal/kg)	20,6	2,03
Volume específico (m³/kg)	0,9133	0,7780

Fonte: Próprio autor, (2017)

$$Q_{\text{infiltração}} = Vc \times F \times \frac{1}{V_e} \times (H_e - H_i) \quad (8)$$

$$Q_{\text{infiltração}} = 224,725 \text{ m}^3 \times 5,5 \times \frac{1}{0,9133} \times (20,6 - 2,03) \text{ Kcal/m}^3$$

$$Q_{\text{infiltração}} = 25545,11 \text{ Kcal/dia}$$

$$Q_{infiltra\ ção} = \frac{25545,11Kcal/dia}{24h}$$

$$Q_{infiltra\ ção} = 1064,38Kcal/h$$

- Carga de iluminação:

$$Q_{ilumina\ ção} = 0,86 \times 50W \times 3 \times 5h \quad (11)$$

$$Q_{ilumina\ ção} = \frac{645Wh}{1,163}$$

$$Q_{ilumina\ ção} = \frac{554,6 \frac{Kcal}{h} * h}{24h}$$

$$Q_{ilumina\ ção} = 23,108Kcal/h$$

Carga por pessoa, calor liberado por pessoa conforme Tabela 6, disponível no Anexo 6:

Tabela 6 - Calor Liberado por Pessoa

Temperatura(°C)	Calor Liberado(kcal/pess.h)
+4,4	210
0	234,4
-1,1	238

Fonte: HEATCRAFT, (2017)

$$Q_{pessoa} = 3\ pessoa \times 3h \times \frac{234,4Kcal}{h.pessoa} \quad (12)$$

$$Q_{pessoa} = 2091,6Kcal$$

$$Q_{pessoa} = \frac{2091,6Kcal}{24h}$$

$$Q_{pessoa} = 87,15Kcal/h$$

- Somatório de todas as cargas:

$$Q_{total} = +Q_{penetração} + Q_{infiltração} + Q_{iluminação} + Q_{pessoa} \quad (18)$$

$$Q_{total} = 2508,35Kcal/h + 1064,38Kcal/h + 23,108Kcal/h + 87,15Kcal/h$$

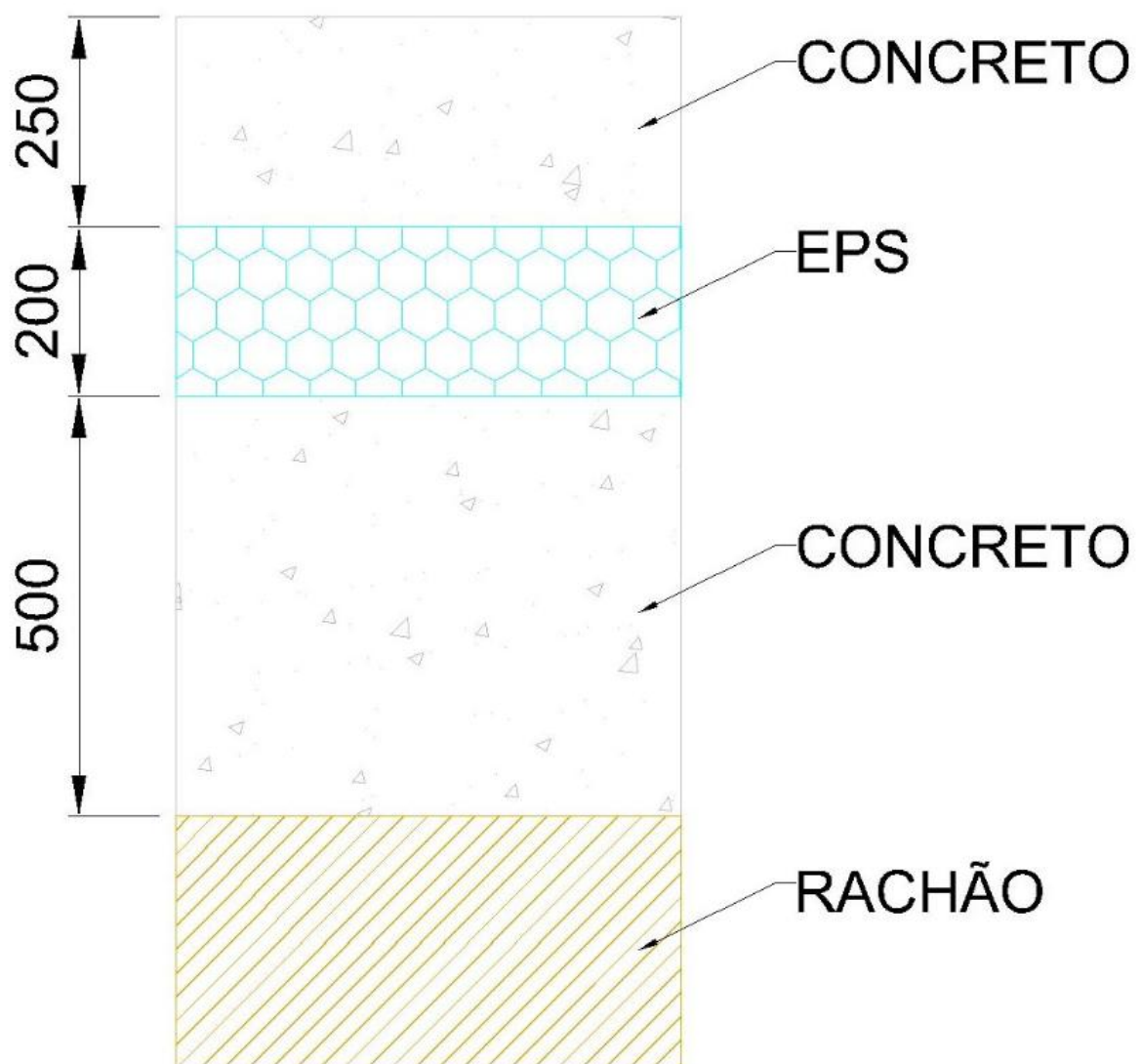
$$Q_{total} = 3682,98 Kcal/h$$

- Os equipamentos já instalados com fluido R22 são conforme Anexos 7 e 8:
- Evaporador baixa vazão FBA4180E
- Capacidade de 4350 kcal/h
- Consumo 0,26 kW
- Unidade condensadora FLEX225H2*
- Capacidade de 4040 kcal/h.
- Consumo de 1,82 kW

4.2 CÁLCULO COM O ISOLANTE

Ao acrescentar o isolante EPS com 200 milímetros de espessura ao piso, ainda com o acréscimo de uma camada de 250 milímetros de concreto em cima do isolante, conforme as alterações do projeto, há aumento da altura, de forma que é necessário refazer os cálculos a fim de adequar a nova medida acrescentando-se uma rampa de acesso à câmara.

Figura 7 – Vista Lateral do Piso com Revestimento



Fonte: Próprio autor, (2017)

A rampa de acesso será conforme especificações da cidade de Foz do Iguaçu:

ART. 79 °No caso de emprego de rampas, em substituição às escadas da edificação, aplicam-se as mesmas exigências relativas ao dimensionamento e especificações de materiais fixadas para as escadas.

§ 1º As rampas poderão apresentar inclinação máxima de 25% (vinte e cinco por cento) para uso de veículos e de 12% (doze por cento) para uso de pedestres.

§ 2º As rampas de acesso para pedestres, quando externas e se excederem a uma inclinação de 6% (seis por cento) serão piso revestido com material antiderrapante.

§ 3º As rampas de acesso para veículos, quando for para acesso ao pavimento abaixo do nível da rua, deverão ter seu início, no mínimo 3,50 (três metros e cinquenta centímetros) do alinhamento, para edificações comerciais, de prestação de serviços e multifamiliares, caso as edificações sejam construídas no alinhamento do lote.

4.2.1 Cálculo Comprimento de Rampa

O cálculo de seu comprimento deverá ser feito da seguinte forma, conforme, (HOMEDECORE, 2016)

$$c = \frac{h * 100}{i} \quad (19)$$

Onde:

c : Comprimento da rampa (m)

h : Altura da rampa(m)

i : Inclinação da rampa(%)

Assim a rampa deverá possuir:

- Uma inclinação de 12%
- Uma altura de 0,45 m

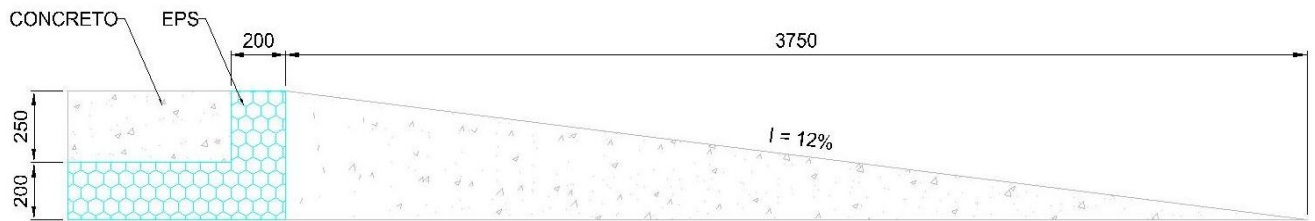
$$c = \frac{h * 100}{i} \quad (19)$$

$$c = \frac{0,45m * 100}{12\%}$$

$$c = 3,75m$$

- As medidas apresentadas são em milímetros na Figura 8.

Figura 8 - Vista Lateral da Rampa



Fonte: Próprio autor, (2017)

- Volume da câmara:

$$V_c = 10,1 \times 4,45 \times 4,55 \quad (1)$$

$$V_c = 204,5m^3$$

- Volume útil:

$$V_u = 204,5m^3 \times 0,7 \quad (2)$$

$$V_u = 143,15m^3$$

- Carga de armazenagem, densidade do produto conforme tabela 2:

$$C_a = 143,15m^3 \times 700Kg/m^3 \quad (3)$$

$$C_a = 100205Kg$$

- Giro diário de produto:

$$G_d = 100205Kg \times 0,3 \quad (4)$$

$$G_d = 30061,5Kg$$

- Calor por penetração, conforme imagem e tabela 4 e 6 respectivamente:

$$Q_{penetração} = A \cdot \frac{K}{E} \cdot (T1 - T2) \quad (5)$$

- Para parede A

$$Q_{pa} = \frac{(10,1m \times 4,55m) \times \frac{0,028Kcal}{h^{\circ}Cm^2} \times (34 - 0)^{\circ}C}{0,2m}$$

$$Q_{pa} = 218,75kcal/h$$

- Para parede B

$$Q_{pb} = \frac{(4,45m \times 4,55m) \times \frac{0,028Kcal}{h^{\circ}Cm^2} \times (34 - 0)^{\circ}C}{0,2m}$$

$$Q_{pb} = 96,38kcal/h$$

- Para parede C

$$Q_{pc} = \frac{(10,1m \times 4,55m) \times \frac{0,028Kcal}{h^{\circ}Cm^2} \times (34 - 0)^{\circ}C}{0,2m}$$

$$Q_{pc} = 218,75kcal/h$$

- Para parede D:

$$Q_{pd} = \frac{(4,45m \times 4,55m) \times \frac{0,028Kcal}{h^{\circ}Cm^2} \times (34 - 0)^{\circ}C}{0,2m}$$

$$Q_{pd} = 96,38kcal/h$$

- Teto:

$$Q_t = \frac{(10,1m \times 4,45m) \times \frac{0,028Kcal}{h^\circ C m^2} \times (34 - 0)^\circ C}{0,2m}$$

$$Q_t = 213,93Kcal/h$$

Como possuí alteração para o piso, é necessário saber o coeficiente total de transferência de calor, pois há dois materiais diferentes compondo o isolante do piso.

Na prática, muitas vezes encontramos paredes planas que consistem em várias camadas de materiais diferentes. O conceito de resistência térmica ainda pode ser utilizado para determinar a taxa de transferência de calor permanente através dessas paredes *compostas*. Como você já deve ter adivinhado, isso é feito simplesmente observando que a resistência de condução de cada parede é L/kA , sendo ligadas em série e usando a analogia elétrica, ou seja, dividindo a *diferença de temperatura* entre duas superfícies em temperaturas conhecidas pela *resistência térmica* total entre elas.(Çengel, 2011,p. 141).

- Como serão utilizados dois materiais, uma camada de concreto e em seguida uma de isolante, será encontrada a resistência total do piso por metro quadrado:

$$R_{total} = \frac{0,25m}{\frac{0,81Kcal}{h \cdot m^\circ C} * 1m^2} + \frac{0,2m}{\frac{0,028Kcal}{h \cdot m^\circ C} * 1m^2} + \frac{0,5m}{\frac{0,81Kcal}{h \cdot m^\circ C} * 1m^2} \quad (7)$$

$$R_{total} = \frac{8,07Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C}$$

- Com a resistência total do piso, a carga de penetração será:

$$Q_{piso} = \frac{(22 - 0)^\circ C \times 44,945m^2}{\frac{8,07Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C}}$$

$$Q_{piso} = 122,52Kcal/h$$

- Somatório das cargas de penetração:

$$Q_{penetração} = Q_{pa} + Q_{pb} + Q_{pc} + Q_{pd} + Q_t + Q_p \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
 Q_{penetra\ ç\tilde{a}o} &= 218,75Kcal/h + 96,38Kcal/h + 218,75Kcal/h + 96,38Kcal/h \\
 &\quad + 213,93Kcal/h + 122,52Kcal/h \\
 Q_{penetra\ ç\tilde{a}o} &= 966,71Kcal/h
 \end{aligned}$$

- Carga de infiltração, carga térmica da câmara e valores psicrométricos para câmaras frigoríficas conforme tabelas 3 e 4:

$$Q_{infiltra\ ç\tilde{a}o} = Vc \times F \times \frac{1}{V_e} \times (H_e - H_i) \quad (8)$$

$$Q_{infiltra\ ç\tilde{a}o} = 204,5m^3 \times 5,5 \times \frac{1}{0,8985} \times (20,6 - 2,03)kcal/m^3$$

$$Q_{infiltra\ ç\tilde{a}o} = 23246,1Kcal/dia$$

$$Q_{infiltra\ ç\tilde{a}o} = \frac{23246,1Kcal/dia}{24h}$$

$$Q_{infiltra\ ç\tilde{a}o} = 968,58kcal/h$$

- Carga de iluminação

$$Q_{ilumina\ ç\tilde{a}o} = 0,86 \times 50W \times 3 \times 5h \quad (11)$$

$$Q_{ilumina\ ç\tilde{a}o} = \frac{645Wh}{1,163}$$

$$Q_{ilumina\ ç\tilde{a}o} = \frac{554,6 \frac{Kcal}{h} * h}{24h}$$

$$Q_{ilumina\ ç\tilde{a}o} = 23,10Kcal/h$$

- Carga por pessoa, conforme tabela 5:

$$Q_{pessoa} = 3pessoa \times 3h \times \frac{234,4Kcal}{h.pessoa} \quad (12)$$

$$Q_{pessoa} = 2091,6Kcal$$

$$Q_{pessoa} = \frac{2091,6Kcal}{24h}$$

$$Q_{pessoa} = 87,15kcal/h$$

- O somatório de todas as cargas:

$$Q_{total} = Q_{penetração} + Q_{infiltração} + Q_{iluminação} + Q_{pessoa} \quad (18)$$

$$Q_{total} = 966,71Kcal/h + 968,58Kcal/h + 23,108Kcal/h + 87,15Kcal/h$$

$$Q_{total} = 2045,55Kcal/h$$

- Com as cargas somadas, o novo equipamento será selecionado conforme anexos 1 e 2, com fluido R22 conforme projeto:
- Evaporador baixa vazão FBA4180E
- Capacidade de 4350 kcal/h
- Consumo 0,26 kW
- Unidade condensadora FLEX175H2
- Capacidade de 2740 kcal/h
- Consumo de 1,24 kW

Os resultados dos cálculos conforme a Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados dos Cálculos

Volumes	Sem Isolante (m ³)	Com Isolante (m ³)
Total	224,725	204,5
Útil	157,307	143,15
Carga de Produto	Sem Isolante (kg)	Com Isolante (kg)
Armazenagem	110115,25	100205
Giro	33034,575	30061,5
Cargas	Valores sem Isolante (kcal/h)	Valores com Isolante (kcal/h)
Penetração Parede A	240,38	218,75
Penetração Parede B	105,91	96,38
Penetração Parede C	240,38	218,75
Penetração Parede D	105,91	96,38
Penetração Teto	213,93	213,93
Penetração Piso	1601,83	122,52
Infiltração	1064,38	968,58
Iluminação	23,10	23,10
Pessoa	87,15	87,15
Somatório	3682,98	2045,5

Fonte: Próprio Autor, (2017).

O equipamento trocado será somente o condensador, pois como está super dimensionado, ele suprirá a carga em menor tempo e procederá o desligamento, mas assim que o ambiente aumentar a temperatura, ligará novamente, isso em intervalos rápidos, de modo que ele reinicie o processo muitas vezes. Como para motores elétricos o início é com uma carga 7 vezes maior que a de funcionamento, ele sobrecarregará o sistema elétrico muitas vezes, passando a queimar rapidamente o aparelho.

4.3 VIABILIDADE DO PROJETO

Para se analisar a viabilidade do projeto será calculado um tempo de retorno do investimento (payback), que tem por objetivo mostrar em quanto tempo o investimento feito, trará retorno ao investidor, assim para Bruni e Famá (2007, p.67) “O método do payback é uma forma simples, fácil e direta, que estima o prazo necessário para se recuperar o investimento realizado”.

Logo será realizado o payback levando em consideração o ano e os aumentos da tarifa de energia. Para tanto, utilizou-se o aumento de tarifa de energia, que será utilizada conforme o primeiro mês do ano e depois ocorrerá o acréscimo de aumento para o próximo ano, com base em dados, calculado sempre do primeiro mês do ano.

A elevação do custo da energia no Brasil aumenta o custo operacional da indústria brasileira em um momento de retração econômica (PANORAMACOMERC, 2017).

Assim, é visto que através de dados a tarifa de energia, haverá aumento médio de 7,17% este ano, em decorrência de acertos de contas que o governo terá de fazer com empresas de transmissão (DIARIDEPERNAMBUCO, 2017).

O custo para o metro quadrado de isolante, consultado com a empresa ISTERM varia de R\$120,00 a R\$131,36, sendo que tal valor pode sofrer alterações conforme método de pagamento, referente ao isolante EPS de 200mm.

4.3.1 Custo do Isolante

Dessa maneira o custo para o projeto será dado pela Equação 20:

$$C_i = A \times P \quad (20)$$

Onde:

C_i : Custo isolante (R\$)

A : Área do piso (m²)

P : Preço do isolante (R\$/m²)

Assim o custo será de utilizando o isolante de 1 face pré – pintada branco:

$$C_i = (10,1m \times 4,45m) \times 131,36R\$/m^2 \quad (20)$$

$$C_i = R\$ 5903,87$$

Consumo de cada equipamento será em relação aos ciclos, que serão a cada 6 horas de refrigeração, 30 minutos de degelo e 5 minutos de gotejamento, resultando em um tempo de funcionamento de 21 horas e 55 minutos.

4.3.2 Custo Anual

Assim o consumo de cada equipamento por ano será dado pela seguinte Equação 21:

$$C = P \times T \times d \times 12 \times tarifa \quad (21)$$

Onde:

C : Custo mensal (R\$)

T : Tempo de funcionamento (h)

P : Potência do equipamento (kW)

d : Número de dias

$tarifa$: Tarifa Copel (R\$/kW)

12 : Número de meses

Com aumento anual de 7,17% refletido na tarifa há acréscimo de 4 centavos ao ano no valor da mesma, de modo que o payback terá um tempo de 7 anos, pois conforme fornecedor do equipamento essa faixa de tempo corresponde ao seu tempo de vida útil.

Logo, os cálculos que representam a economia por ano referente ao uso do isolante, serão apresentados na Tabela 8, a qual demonstra o fluxo de caixa, esse sendo o custo inicial do projeto, o saldo do investimento, que será dado pela diferença da economia de energia por ano, somando-se ao saldo do ano anterior e apresentará o saldo do ano atual.

Portanto, o projeto terá um custo total de R\$ 12056,67, sendo composto pelo preço total do EPS a ser colocado, junto ao preço do equipamento, levando-se em conta ICMS de 18% e PIS/COFINS de 9,25%, esse sendo um FLEX175 – 02D, com preço de R\$ 6152,80, disponível no Anexo 9:

Tabela 8 - Payback do Projeto

Ano	Custo (kW/h)	Fluxo em caixa (R\$)	Saldo do investimento (R\$)
1º	0,58	-12506,67	-12506,67
2º	0,62	3106,95	-9399,72
3º	0,66	3307,4	-6292,782
4º	0,70	3507,85	-2985,4
5º	0,74	3708,3	522,45
6º	0,78	3908,3	4230,75
7º	0,82	4109,18	8139,5

Fonte: Próprio autor, (2017).

Conclui-se que o payback seria de cinco anos e meio para pagamento, conforme informado pela empresa HEATCRAFT, de modo que os equipamentos apresentam uma vida útil de 7 anos, restando assim um ano e meio para retorno financeiro, equivalente a R\$ 8139,5.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado mostrou a diferença do isolante, tanto fisicamente quanto economicamente, provando-se que com adição do isolante, o cliente, ao final de sete anos, economiza um valor praticamente igual ao gasto, sendo que com as reduções no espaço físico, apresentou-se ainda ganho significativo de valor financeiro.

Portanto, se na fase de execução do projeto, gastar-se pouco a mais na área de isolante, o cliente será beneficiado futuramente, pois resultará no em economia considerável, o que deixa claro a importância de isolante mesmo que seja utilizado em uma câmara de estocagem com temperatura interna de 0°C, comprovando-se assim a viabilidade do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16401-1**. Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 1: Projetos das instalações. Rio de Janeiro. 2008a.

ACOPEL. **Tarifa Convencional - subgrupo B1**: Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fc28b22b01ad9182403257488005939bb>>. Acesso em 11 Nov. 2017

ASHRAE. **American Society of Heating, Refrigerations and Air-Conditioning Engineers**. Fundamentals. 2012.

BRUNI, A.L.; FAMÁ, R. **Gestão de Custos e Formação de Preços**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

COSTA, Ê.C.D. **Refrigeração**. 3.ed. São Paulo: Blucher, 2009.

EHOW. **Como funciona uma câmara frigorífica?**: Disponível em: <http://www.ehow.com.br/funciona-camara-frigorifica-como_340113/>. Acesso em: 11 Nov. 2017.

HEATCRAFT. **Catalogo de produtos**. Catalogo. 2017. Disponível em <<http://www.heatcraft.com.br>>. Acesso em: 10 de Nov. 2017.

HEATCRAFT. **Apostila Industrial**. 1. Ed. São Paulo: HEATCRAFT 2017.

MILLER, R. **Refrigeração e ar condicionado**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos Científicos, 2008.

PANORAMACOMERC. **Tarifa média no Brasil entre 2011 e 2015:** Disponível em: <<http://www.panoramacomerc.com.br/?p=2600#>>. Acesso em: 10 Nov. 2017.

ROUND, Stephen. **Frederic Tudor Ice King:** Disponível em: <<http://www.iceharvestingusa.com/Frederic%20Tudor%20Ice%20King.html>>. Acesso em: 22 Mar, 2017.

RAPIN, P. **Manual do frio:** Fórmulas técnicas refrigeração e ar – condicionado: 8.ed. [S.I.]: Hemus, 2011.

REVISTA DO FRIO. **Câmaras frigoríficas: Sabendo usar:** Disponível em: <<http://revistadofrio.com.br/2006/05/camaras-frigorificas-sabendo-usar/>>. Acesso em: 26 Mai. 2017.

REVISTA DO FRIO. **Câmara Frigorífica: Todo detalhe é muito importante:** Disponível em: <<http://revistadofrio.com.br/2006/05/camaras-frigorificas-sabendo-usar/>>. Acesso em: 26 Mai. 2017.

REY, Anderson. **Uma breve história da refrigeração no mundo:** Disponível em: <<http://refrimaq.org/historia-da-refrigeracao/>>. Acesso em: 22 Mar. 2017.

SAIZ, J. J.M; STOECKER, W.F. **Refrigeração Industrial.** 2.ed. São Paulo: Blucher, 2005.

TECTERMICA. **Camara frigorifica personalizada, temperatura de +20C até -40C, diversos modelos e capacidades:** Disponível em: <<http://www.tectermica.com.br/camara-frigorifica.htm>>. Acesso em: 22 Mar. 2017.

ÇENGEL, Y. A; BOLES, M. A. **Trânsferencia de Calor e Massa Uma Abordagem Prática.** 5. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2012.

ANEXOS

ANEXO 1 – Dados climáticos de projeto

Tabela A.7 — Região Sul

PR	Curitiba		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s	
			25,52S	49,17W	908m	90,88	82/01		27,4	32,9	1,0	-1,4	2,0	
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação		
Jan		TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Jul		TBS	TPO	w	TBSc
	0,4%	30,9	20,2	23,2	26,8	22,2	18,9	24,3		99,6%	2,4	-1,2	3,8	6,7
ΔTmd	1%	29,8	20,2	22,6	26,2	21,7	18,3	23,9		99%	4,8	1,7	4,8	9,3
9,5	2%	28,7	20,2	22,0	25,6	21,1	17,6	23,2						
PR	Foz de Iguaçu		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s	
			25,52S	54,58W	243m	98,44	85/01		29,4	37,2	0,9	0,1	1,9	
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação		
Jan		TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Jul		TBS	TPO	w	TBSc
	0,4%	35,1	23,6	26,1	31,6	24,6	20,1	28,7		99,6%	3,4	1,1	4,2	6,3
ΔTmd	1%	34,1	23,7	25,6	31,1	24,0	19,5	28,2		99%	5,8	3,1	4,9	8,0
11,1	2%	33,1	23,5	25,1	30,6	23,5	18,9	27,7						
PR	Londrina		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s	
			23,33S	51,13W	570m	94,66	84/01		30,2	35,7	1,5	3,9	2,0	
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação		
Dez		TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Jul		TBS	TPO	w	TBSc
	0,4%	33,9	21,7	25,3	28,9	24,4	20,7	26,6		99,6%	7,2	1,2	4,4	13,4
ΔTmd	1%	32,8	21,8	24,7	28,5	23,9	20,2	26,2		99%	9,3	3,8	5,3	15,2
10,0	2%	31,9	21,9	24,2	28,0	23,2	19,3	25,6						
RS	Porto Alegre		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s	
			30,00S	51,18W	3m	101,29	82/01		N/D	37,9	1,4	1,6	2,4	
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação		
Jan		TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Jul		TBS	TPO	w	TBSc
	0,4%	34,8	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D		99,6%	4,0	N/D	N/D	N/D
ΔTmd	1%	33,2	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D		99%	5,8	N/D	N/D	N/D
9,7	2%	31,8	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D						
SC	Florianópolis		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s	
			27,67	48,55	5m	101,26	82/01		30,1	35,2	1,7	3,4	1,9	
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação		
Fev		TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Jul		TBS	TPO	w	TBSc
	0,4%	32,2	25,5	26,6	30,1	25,8	21,1	28,5		99,6%	7,5	3,0	4,7	11,3
ΔTmd	1%	31,0	25,2	26,0	29,3	25,0	20,2	27,7		99%	9,2	5,1	5,4	11,8
6,7	2%	29,9	24,6	25,5	28,5	24,5	19,5	27,1						

Fonte: ABNT NBR 16401-1:2008 (2008)

ANEXO 2 - Densidade dos produtos

Produto	Densidade	Produto	Densidade
Abacate	330kg/m ³	Laranjas (62x32x32cm - 31kg)	400kg/m ³
Abacaxi	450kg/m ³	Leite (Caixas de 10 litros - 57x25x17cm)	350 litros/m ³
Alface (Caixa 50x31x28cm - 3 dúzias - 6kg)	110kg/m ³	Lima	400kg/m ³
Alho (Saquinho - 1 kg)	150kg/m ³	Limão	400kg/m ³
Ameixa	320kg/m ³	Maçã (Bins - 1,00x1,20x0,76m - 360kg)	390kg/m ³
Aves (Caixas 59x39x12cm ~12/15kg)	450kg/m ³	Maçã (Caixas - 55x33x33cm - 21kg)	300kg/m ³
Aves (Caixas)	250kg/m ³	Mamão (Amazonas)	250kg/m ³
Aves (Saco)	330kg/m ³	Manga	250kg/m ³
Bacalhau em caixa	300kg/m ³	Manteiga	600kg/m ³
Bacon em manta s	700kg/m ³	Margarina	400kg/m ³
Banana	200kg/m ³	Melão	160kg/m ³
Banha de porco	400kg/m ³	Miúdos	500kg/m ³
Batata inglesa (Holandesa - Caixa 56x26x37cm ~27kg)	400kg/m ³	Miúdos	400kg/m ³
Batata inglesa (Holandesa - Saco 50x85cm ~60kg)	300kg/m ³	Morango (Caixa - 47x31x10cm - 4kg)	250kg/m ³
Camarão (Caixas)	500kg/m ³	Morango (Caixa nacional)	300kg/m ³
Camarão (Saquinho)	450kg/m ³	Peixe com gelo	300kg/m ³
Caqui	300kg/m ³	Peixe defumado	600kg/m ³
Carne bovina c/ osso	330kg/m ³	Peixe inteiro (Sacos)	350kg/m ³
Carne bovina s/ osso (Caixas 59x35x15cm ~25/30kg)	700kg/m ³	Peixe salgado	450kg/m ³
Carne suína c/ osso	350kg/m ³	Pera (Estrangeira - Caixa 50x30x28cm - 20kg)	350kg/m ³
Carne suína s/ osso	600kg/m ³	Pera (Nacional - Caixa 53x26x27cm - 26kg)	480kg/m ³
Carne suína salgada	300kg/m ³	Pêssego (Caixa - 46x28x7cm - 32kg)	350kg/m ³
Carneiro c/ osso	450kg/m ³	Produtos Salsicharia	280kg/m ³
Cebola (Saco - 50 c/ 85cm - 45kg)	220kg/m ³	Queijo Muzzarella / Queijo Prato	600kg/m ³
Coelho	300kg/m ³	Queijo Minas	450kg/m ³
Coelho (Caixa)	500kg/m ³	Requeijão	400kg/m ³
Coelho (Saco)	350kg/m ³	Sardinha com gelo	210kg/m ³
Creme/Nata	600kg/m ³	Sardinhas (Caixas)	250kg/m ³
Figo	300kg/m ³	Sorvete (Latas - 30x50cm)	400kg/m ³
File de peixe (Caixas)	500kg/m ³	Suco congelado (Tambores - 0,60x0,85m - 200kg)	435kg/m ³
Goiaba	300kg/m ³	Tangerina (Caixa - 60x30x30cm - 22kg)	400kg/m ³
Iogurte	300kg/m ³	Tomate (Caixa - 53x26x36cm - 27kg)	450kg/m ³
Lagosta	300kg/m ³	Uva (Caixa - 48x32x10cm - 8kg)	500kg/m ³

Tabela 2.1. Densidade de produtos

Fonte: HEATCRAFT, (2017)

ANEXO 3 - Condutividade Térmica dos Materiais

1.9 Condutividade térmica (K), calor específico (C) e difusidade térmica (D) para diferentes materiais e substâncias (ASHRE Fundamentais, 1989).

Produto	K Kcal/m . h . °C	C Kcal/kg . °C	D mm²/s
Aço	32,8	0,12	-
Aço Inox	13,8	0,12	4,0
Alumínio	180,3	0,22	-
Água Líquida	052	1,00	-
Vapor	0,02	0,49	-
Gelo (- 25°C)	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	-
Dióxido de Carbono (Vapor)	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 (expandido)	0,028	0,29	-
Poliuterano	0,020	0,38	-
Poliétileno Alta Densidade	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

Fonte: HEATCRAFT, (2017)

ANEXO 4 - Carga Térmica em Câmaras Frigoríficas

1.3.2 Carga térmica em Câmaras Frigoríficas

Volume da câmara m ³	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	13,5
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

Fonte: HEATCRAFT, (2017)

ANEXO 5 - Valores Psicrométricos para Câmaras Frigoríficas

1.3.1 Tabela de valores psicrometricos para câmaras frigoríficas

Temp (°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	17,0	0,8809	18,68	0,8847	20,37	0,8885	22,09	0,8924
20	9,20	0,8401	10,0	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	-0,317	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: HEATCRAFT, (2017)

ANEXO 6 - Calor Liberado por Pessoa

Temperatura (°C)	Calor Liberado (kcal/pess.h)
+ 10	180
+ 4,4	210
- 1,1	238
- 6,7	262
- 12,2	300
- 17,8	325
- 23,3	350

Fonte: HEATCRAFT, (2017)

ANEXO 7 - Catálogo de Evaporadores

Capacidade - Modelos FBA's - 60Hz (para 50Hz, multiplicar por 0,87)

Capacidad - Modelos FBA's - 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 de ar Caudal de Aire (m³/h)	Qt. Cant.	Diâm. Diám. (mm)	Flecha de ar Flejo de Aire (m)
	10°C	5°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C	-35°C	-40°C				
Modelos FBA's - 4 aletas por polegada / 4 aletas por pulgada															
FBA4050E	1360	1300	1240	1160	1110	1090	1060	1020	990	960	920	835	1	254	13
FBA4080E	2110	2020	1920	1800	1720	1690	1640	1590	1540	1470	1410	1.800	2	254	13
FBA4090E	2400	2280	2170	2040	1940	1900	1860	1790	1730	1660	1600	1.654	2	254	13
FBA4110E	3000	2850	2700	2540	2420	2380	2290	2230	2160	2080	2010	2.591	3	254	13
FBA4140E	3960	3760	3550	3340	3180	3110	3030	2930	2840	2740	2650	2.489	3	254	13
FBA4160E	4550	4320	4100	3850	3680	3590	3490	3380	3270	3160	3030	3.460	4	254	13
FBA4180E	5140	4890	4640	4350	4150	4060	3950	3830	3710	3570	3430	3.324	4	254	13
FBA4210E	5880	5580	5280	4970	4740	4630	4510	4370	4230	4080	3920	4.328	5	254	13
FBA4240E	6650	6320	5990	5560	5180	5060	4930	4780	4620	4460	4290	4.159	5	254	13
FBA4320E	9060	8610	8160	7400	6540	6390	6230	6040	5840	5630	5410	5.194	6	254	13
FBA4370E	10460	9940	9410	8550	7550	7370	7190	6960	6740	6500	6250	4.994	6	254	13
FBA4450E	12550	11930	11300	10270	9070	8850	8630	8370	8090	7800	7500	6.630	8	254	13
FBA4540E	14980	14230	13490	12250	10830	10570	10310	9990	9660	9300	8950	7.550	9	254	13

Fonte: HEATCRAFT, (2017)

ANEXO 8 - Catálogo de Unidades Condensadoras

Dados de Capacidade - R22*Datos de Capacidad - R22*

Modelo	Temp. Externa		Temp. de Evaporação / Temp de Evaporación					
			5°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-17,5°C
FLEX125H2*	32°C	Q	2950	2500	2060	1660	1270	1080
		P	1,26	1,19	1,10	1,00	0,91	0,87
	35°C	Q	2810	2380	1960	1580	1210	1030
		P	1,28	1,20	1,11	1,01	0,92	0,87
	38°C	Q	2670	2260	1860	1500	1150	980
		P	1,29	1,21	1,11	1,01	0,92	0,88
FLEX150H2*	32°C	Q	3500	2940	2400	1880	1400	1180
		P	1,29	1,20	1,10	0,99	0,87	0,82
	35°C	Q	3330	2800	2290	1790	1330	1120
		P	1,32	1,21	1,11	1,00	0,89	0,83
	38°C	Q	3160	2660	2180	1700	1260	1060
		P	1,33	1,23	1,11	0,98	0,90	0,85
FLEX175H2**	32°C	Q	4160	3520	2880	2270	1720	1450
		P	1,47	1,33	1,22	1,13	1,02	0,96
	35°C	Q	3960	3350	2740	2160	1640	1380
		P	1,47	1,35	1,24	1,14	1,03	0,98
	38°C	Q	3760	3180	2600	2050	1560	1310
		P	1,51	1,38	1,26	1,16	1,05	0,99
FLEX225H2*	32°C	Q	6220	5220	4240	3320	2530	2190
		P	2,18	1,96	1,78	1,64	1,50	1,44
	35°C	Q	5920	4970	4040	3160	2410	2090
		P	2,18	2,00	1,82	1,68	1,51	1,45
	38°C	Q	5620	4720	3840	3000	2290	1990
		P	2,25	2,04	1,85	1,69	1,54	1,47
FLEX250H2*	32°C	Q	6950	5840	4740	3710	2830	2440
		P	2,58	2,32	2,10	1,94	1,77	1,70
	35°C	Q	6620	5560	4510	3530	2700	2320
		P	2,62	2,36	2,15	1,97	1,79	1,72
	38°C	Q	6290	5280	4280	3300	2560	2200
		P	2,66	2,41	2,18	2,00	1,82	1,74
	43°C	Q	5510	4630	3750	2940	2240	1930

kcal/h de las Unidades de Alta en 60Hz
multiplicar por 0,833

Fonte: HEATCRAFT, (2017)

ANEXO 9 - Tabela de Preços

TABELA DE PREÇOS

UNIDADE CONDENSADORA FLEXCOLD - FLEX

UNIDADE CONDENSADORA HERMÉTICA - R22 / HP81				
PRODUTO	PREÇO LÍQUIDO (R\$)	ICMS 7% e PIS/COFINS 9,25%	ICMS 12% e PIS/COFINS 9,25%	ICMS 18% e PIS/COFINS 9,25%
FLEX125H2B-02D	3.780,53	4.514,06	4.800,67	5.196,60
FLEX150H2B-02D	4.246,07	5.069,93	5.391,83	5.836,52
FLEX150H2C-02D	4.318,04	5.155,87	5.483,22	5.935,45
FLEX175H2B-02D	4.475,78	5.344,21	5.683,53	6.152,27
FLEX175H2C-02D	4.476,16	5.344,67	5.684,01	6.152,80
FLEX175H2D-02D	4.476,16	5.344,67	5.684,01	6.152,80
FLEX200H2B-02D	4.613,94	5.509,18	5.858,97	6.342,19
FLEX225H2B-02D	4.751,72	5.673,70	6.033,93	6.531,58
FLEX225H2C-02D	4.723,55	5.640,06	5.998,16	6.492,85
FLEX225H2D-02D	4.819,97	5.755,18	6.120,59	6.625,38
FLEX250H2B-02D	5.012,11	5.984,61	6.364,59	6.889,50
FLEX250H2C-02D	5.195,74	6.203,87	6.597,77	7.141,92
FLEX250H2D-02D	5.248,78	6.267,20	6.665,12	7.214,82
FLEX275H2B-02D	5.533,85	6.607,58	7.027,11	7.606,66
FLEX300H2B-02D	5.950,50	7.105,07	7.556,19	8.179,38
FLEX300H2C-02D	5.684,63	6.787,62	7.218,58	7.813,92
FLEX300H2D-02D	5.864,16	7.001,98	7.446,55	8.060,70
FLEX350H2B-02D	6.254,15	7.467,65	7.941,78	8.596,78
FLEX350H2C-02D	5.809,83	6.937,11	7.377,56	7.986,02
FLEX350H2D-02D	6.054,44	7.229,18	7.688,18	8.322,25
FLEX450H2B-02D	7.052,13	8.420,46	8.955,09	9.693,65
FLEX450H2C-02D	7.145,39	8.531,81	9.073,52	9.821,85
FLEX450H2D-02D	7.145,39	8.531,81	9.073,52	9.821,85
FLEX500H2B-02D	7.526,46	8.986,82	9.557,41	10.345,65
FLEX500H2C-02D	7.314,16	8.733,33	9.287,82	10.053,83
FLEX500H2D-02D	7.314,16	8.733,33	9.287,82	10.053,83
FLEX600H2B-02D	7.966,79	9.512,59	10.116,56	10.950,92
FLEX600H2C-02D	7.351,87	8.778,36	9.335,71	10.105,67
FLEX600H2D-02D	7.351,87	8.778,36	9.335,71	10.105,67

Fonte: HEATCRAFT, (2017)