

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS MEDIANEIRA  
DEPARTAMENTO DE GRADUAÇÃO  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

JONAS JOSIEL SEELENT

**REFRIGERADOR DE BEBIDAS DE ALTO RENDIMENTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medianeira

2011

JONAS JOSIEL SEELENT

## **REFRIGERADOR DE BEBIDAS DE ALTO RENDIMENTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Paulo César Tonin

Medianeira

2011



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### REFRIGERADOR DE BEBIDAS DE ALTO RENDIMENTO

JONAS JOSIEL SEELENT

Este Trabalho de Diplomação foi apresentado às 19:30 h do dia 01 de dezembro de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Medianeira. Os acadêmicos foram argüidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Msc. Paulo César Tonin  
UTFPR – *Campus* Medianeira  
(Orientador)

---

Prof. Msc. Alberto Noboru Miyadaira  
UTFPR – *Campus* Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Msc. Almiro Weiss  
UTFPR – *Campus* Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Giovano Mayer  
UTFPR – *Campus* Medianeira  
(Responsável pelas atividades de TCC)

## **AGRADECIMENTOS**

Por meio deste venho agradecer a todos os professores que no passar dos últimos três anos me auxiliaram, compartilhando o seu conhecimento tornando assim possível o desenvolvimento deste projeto.

Agradeço a meus pais João Carlos Seelent e Clair Teresinha Seelent, que foram meus patrocinadores e me apoiaram durante todo este tempo.

Agradeço a Deus pela força e proteção que me deu, e pela oportunidade de cursar o ensino superior em uma universidade tão reconhecida.

E de maneira geral agradecer a todos meus amigos e amigas, que colaboraram para que este projeto pudesse ser desenvolvido com sucesso, especialmente a Vanessa Bourscheidt e a Bianca Peron.

## RESUMO

No Brasil, é costume na confraternização familiar e com os amigos beber a cerveja gelada, de preferência perto da sua temperatura de solidificação,  $-2.2^{\circ}\text{C}$ . Construir um equipamento capaz de obter esta temperatura para uma grande quantidade de cervejas e em pouco tempo foi o objetivo principal deste trabalho. O refrigerador é composto de unidade condensadora HEATCRAFT<sup>®</sup>, modelo FLEXX 075L6 composta por um compressor de  $\frac{3}{4}$  HP com capacidade de refrigeração de 596 kcal/h evaporando a uma temperatura de  $-25^{\circ}\text{C}$ . A unidade evaporadora é da DELTA FRIO<sup>®</sup> modelo DFLD 4219 com circulação de ar forçada por um micro ventilador de 1/10 hp. Será utilizada uma válvula de expansão termostática Danfoss TS2 orifício 00 para reduzir a pressão do fluido refrigerante e controlar sua injeção no evaporador. O fluido refrigerante utilizado será o R404A. O gabinete foi construído com chapas de aço dobradas, rebitadas e soldadas e a isolamento térmica feita de espuma rígida de poliuretano expandido com 50 mm de espessura. O gabinete terá capacidade para acondicionar ao mesmo tempo 48 garrafas de cerveja com capacidade de 600 ml. A porta será feita utilizando chapa de aço inox, a estrutura externa foi pintada na cor chumbo metálico, e a estrutura interna foi pintada de branco.

O custo de aquisição e fabricação do refrigerador é de R\$ 2743,26. O tempo gasto para gelar as 48 garrafas de cerveja de  $28^{\circ}\text{C}$  a  $0^{\circ}\text{C}$  foi uma hora e vinte minutos o consumo médio de energia foi de 0.92 kW/h. Em reais, isto significa R\$ 0,42 por hora com o equipamento no modo “frio rápido” no qual o compressor fica ligado durante o período requerido.

**Palavras chave:** Cerveja. Lazer. Temperatura.

## ABSTRACT

In Brazil, it is customary in fellowship with friends and family to drink cold beer, preferably close to its solidification temperature, 0 °C. Building a device capable of obtaining this temperature for a lot of beers and soon was the main goal of this work. The refrigerator is composed of condensing unit HEATCRAFT ®, model 075L6 FLEKX composed of a ¾ HP compressor cooling capacity of 596 kcal / h at an evaporating temperature of -25 ° C. The evaporator is the DELTA FRIO® model DFLD 4219 air circulation forced by a micro fan 1/10 hp. Will use a thermostatic expansion valve model Danfoss TS2 . The refrigerant used is the R404A. O enclosure is built of steel plates bent, riveted and welded and heat insulation made of rigid polyurethane foam with 50 mm thick. The cabinet will be able to condition while 48 bottles of beer with a capacity of 600 ml. The port is done using stainless steel plate, painted in color metallic lead. The cost of acquisition and manufacture of the refrigerator is R\$ 2743,26. The time taken to freeze the 48 bottles of beer 28 ° C to -0 ° C was 1 hour and twenty minutes and energy consumption was 0.92 kW/h. In real this means R\$ 0.42 per hour with the equipment in mode "fast cold" in which the compressor is active during the period required.

Keywords: Beer. Leisure. Temperature.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Metodo De Munari .....	11
FIGURA 2- Sistema de refrigeração.....	23
FIGURA 3- Princípio de funcionamento de um compressor alternativo.....	26
FIGURA 4- Logotipo do refrigerador.....	30
FIGURA 5- Unidade condensadora Heatcraft.....	33
FIGURA 6- Válvula de expansão.....	36
FIGURA 7- Filtro secador .....	38
FIGURA 8. Estrutura externa.....	40
FIGURA 9- Desenho técnico 1.....	40
FIGURA 10- Laterais internas e teto.....	40
FIGURA 11- Desenho técnico 2.....	40
FIGURA 12. Traseira interior e fundo.....	41
FIGURA 13- Desenho técnico 3.....	41
FIGURA14- Estrutura superior do refrigerador.....	41
FIGURA 15- Estrutura inferior do equipamento.....	42
FIGURA 16- Estrutura superior montada sobre a base inferior .....	45
FIGURA 17- Protótipo Fast Cold, Refrigerador De Bebidas De Alto Rendimento.....	47
FIGURA18- Refrigerador de bebidas utilizado em estabelecimentos comerciais.....	47

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Interação com óleo lubrificante.....	38
TABELA 2: Custos do projeto .....	48 e 49



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 CONCEITOS PRELIMINARES .....	11
2.1 Calor e Transferência de Calor .....	13
2.1.1 Calor Específico .....	14
2.2 LIGAS DE AÇO .....	14
2.2.1 O AÇO Inox .....	15
2.2.2 Aço galvanizado.....	15
2.3 História da cerveja.....	16
2.4 Recipientes para conservação do frio.....	17
2.5 HISTÓRIA DOS REFRIGERADORES.....	18
2.6 FLUIDOS REFRIGERANTES.....	20
2.6.1 Aspectos relacionados à segurança na utilização e manuseio de refrigerantes.....	21
2.6.2 Compatibilidade com materiais .....	22
2.6.3 Interação com o óleo lubrificante .....	23
2.7 Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor.....	23
2.7.1 Componentes dos Sistemas de Refrigeração.....	24
2.7.1.1 Compressor .....	24
2.7.1.2 Compressores Alternativos .....	24
2.7.1.3 Ciclo de compressão.....	25
2.7.2 Condensadores.....	26
2.7.3 Dispositivos de Expansão .....	27
2.7.3.1 Válvula de Expansão Termostática.....	27
2.7.4 Evaporadores .....	27
2.7.4.1 Classificação dos Evaporadores.....	28
Evaporadores para o resfriamento de ar .....	28
Evaporadores com circulação natural do ar (convecção natural).....	28
Evaporadores com circulação forçada do ar.....	29
3 COMPONENTES DO REFRIGERADOR .....	30
3.1 NOME DO PRODUTO.....	30
3.2 LOCAL DE USO .....	30
3.3 Diferencial do produto .....	30

3.4 Pontos negativos .....	31
3.5 CARGA TÉRMICA DO PRODUTO .....	31
3.5.1 dimensionamento .....	31
3.6 SELEÇÃO DE MATERIAIS E COMPONENTES.....	32
3.6.1 Unidade condensadora .....	33
3.6.2 Evaporador .....	34
3.6.3 Controlador digital .....	34
3.6.4 Contadoras.....	35
3.6.5 Válvula de expansão.....	35
3.6.6 fluido refrigerante R404A.....	36
3.6.7 Óleos lubrificantes.....	37
3.6.8 Filtros secadores.....	38
4. FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	39
4.1 Corte.....	39
4.2 Dobras .....	39
4.3 Soldagem.....	42
4.4 Pintura .....	42
4.5 Isolamento térmico .....	43
4.5.1 Poliuretano Expandido .....	44
4.6 FIXAÇÃO DAS PEÇAS.....	44
4.7 Evacuação do sistema .....	45
4.8 Carga de refrigerante .....	46
5 TESTES REALIZADOS.....	46
6 CUSTO PARA FABRICAÇÃO.....	48
7 DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	50
8. CONCLUSÃO.....	51
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente as pessoas estão investindo cada vez mais no seu lazer, tornando assim a vida mais prazerosa, exigindo que o mercado forneça produtos diferenciados para atender todas as suas necessidades.

Os refrigeradores convencionais são projetados levando em consideração a menor relação custo/benefício. No entanto, pensando em um público exigente e diferenciado decidiu-se fabricar um refrigerador de bebidas, com grande capacidade de refrigeração, capaz de gelar bebidas rapidamente e manter a mesma na temperatura ideal para o consumo, ideal para ser utilizado nos momentos de lazer da família e dos amigos.

Consultando aproximadamente duas dezenas de pessoas e analisando o custo benefício foram selecionados os equipamentos, e o tamanho que o produto deveria conter.

Uma vez selecionados os equipamentos todos os desenhos técnicos necessários para sua fabricação foram feitos contendo todas as medidas e dobras existentes.

No trabalho é apresentado todos os procedimentos que foram utilizados para o desenvolvimento do refrigerador.

Depois de terminado todo o processo de fabricação foram feitos alguns testes para comprovar a sua eficiência.

## 2 CONCEITOS PRELIMINARES

O projeto vai seguir as seguintes etapas segundo o método de Munari (1991) que propõe que o projeto seja executado da seguinte maneira, figura 1.

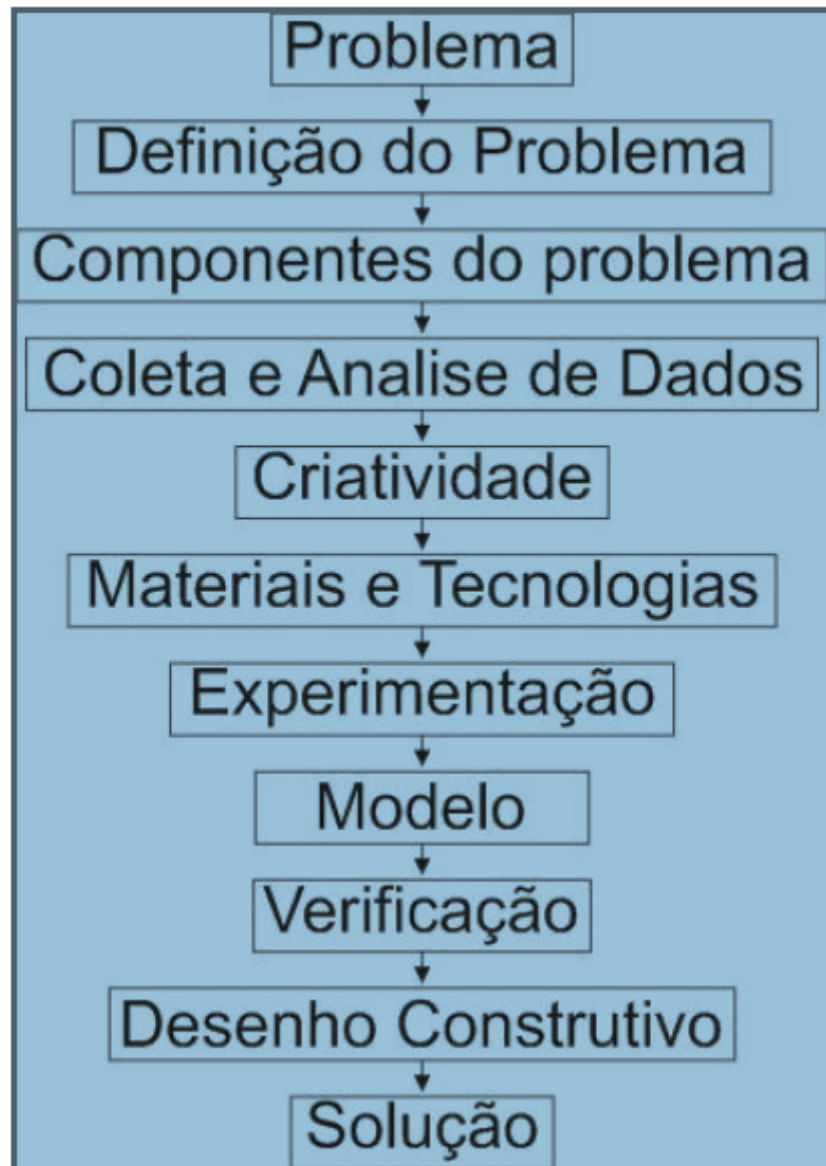


Figura 1: Método de Munari.

Fonte: Munari 1991

Problema: Dificuldade de gelar a cerveja em garrafa em um tempo menor, e posteriormente manter a mesma na temperatura ideal para o consumo, temperatura que varia em torno de  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Definição do problema: O problema existe pois os refrigeradores convencionais apresentam capacidade frigorífica reduzida, o que consome muito tempo para a bebida alcançar a temperatura ideal.

Componentes do problema: Edículas, estabelecimentos comerciais, lazer, cerveja gelada, refrigeração.

Coleta e análise de dados: Foram entrevistadas pessoas que consomem cerveja com frequência e possuem uma edícula: as mesmas foram feitas as seguintes perguntas:

Qual deveria ser o tamanho do refrigerador e a sua capacidade de refrigeração?

Depois de entrevistadas 20 pessoas chegou-se as seguintes conclusões: todos gostariam da cerveja gelada no menor tempo possível, e quanto ao tamanho ideal, conclui-se que deveria ser em torno de duas caixas de garrafas de 600ml (48 garrafas).

Quanto a estabelecimentos comerciais, nota-se que em horários de pico os refrigeradores convencionais não vencem atender a demanda, necessitando assim de vários refrigeradores, com grandes volumes.

Criatividade: Após feitas as entrevistas, o trabalho começou a ser desenvolvido e assim o refrigerador de bebidas de alto rendimento começou a ganhar medidas e formas.

Materiais e tecnologia: Nesta etapa foram estudados os materiais empregados a tecnologia necessária na construção.

Experimentação: Esta é a fase em que os testes de funcionalidade do produto são feitos.

Modelo: Este modelo é apenas um protótipo mas, se for bem aceito no mercado pode ser um produto fabricado em grandes escalas de produção.

Verificação: Nesta fase o projeto será analisado e as devidas alterações e regulagens para o bom funcionamento do produto serão feitas.

Desenho construtivo: Nesta fase será feito os devidos desenhos técnicos que serão utilizados na construção do mesmo contendo as medidas e escalas, facilitando assim a sua construção e a melhor visualização do produto acabado.

Solução: A solução que foi encontrada foi um refrigerador vertical com capacidade de refrigeração bastante superior aos refrigeradores convencionais.

## 2.1 CALOR E TRANSFERÊNCIA DE CALOR

A matéria pode apresentar-se em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. Contudo, dependendo da temperatura e da pressão, uma mesma espécie de matéria pode apresentar-se em qualquer outro estado físico.

De acordo com o modo como são processadas, as mudanças de estado físico ou mudanças de fase recebem nomes especiais. Em um sistema de refrigeração duas transformações envolvendo a mudança de estado físico estão presentes: a condensação e a vaporização.

A vaporização é a passagem do estado líquido para o gasoso e ocorre dentro do evaporador e a condensação é a passagem do estado gasoso para o líquido e ocorre dentro do condensador.

Todos os corpos possuem energia térmica, que é a energia associada ao estado de agitação das partículas que o compõem. A temperatura é a medida dessa agitação. Quanto maior a temperatura, mais agitadas estão as partículas, e, mais energia térmica está presente. Todavia, um aumento da energia térmica não eleva necessariamente a temperatura de um corpo, notadamente quando este corpo está sofrendo uma mudança de estado físico.

Quando dois corpos com temperaturas diferentes são postos em contato, espontaneamente há transferência de energia térmica do corpo mais quente para o mais frio, até ser atingido o equilíbrio térmico. Isso é transmissão de calor, e pode ocorrer segundo três processos diferentes: Condução, convecção e radiação.

No verão, o ar resfriado deve ser introduzido nas salas pela parte superior para que, devido a sua densidade, desça e provoque a circulação de ar. No inverno, o ar quente deve ser introduzido pela parte inferior da sala. Se ocorresse o contrário, o ar frio (mais denso) continuaria embaixo e o ar quente (menos denso) continuaria em cima, não havendo, portanto, circulação.

Nos refrigeradores residenciais, o evaporador é sempre instalado na parte superior, para que o ar resfriado desça, dando lugar ao ar mais quente, que sobe ao receber calor dos alimentos e da abertura de portas. As prateleiras são gradeadas para possibilitar a convecção do ar no interior do refrigerador.

### 2.1.1 Calor Específico

O calor específico indica a quantidade de calor que cada unidade de massa do corpo precisa receber ou ceder, para que sua temperatura possa variar de um grau. É uma característica natural da substância, isto é, cada substância tem seu calor específico.

O calor específico dos sólidos e líquidos mudará consideravelmente se o intervalo de variação da temperatura for muito grande. Para os gases, o calor específico também varia com a pressão e o volume, segundo apostila da Heatcraft, o calor específico da cerveja é 1,02 e do vidro 0,20.

## 2.2 LIGAS DE AÇO

Aço é uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono, com percentagem de carbono variando entre 0,008 e 2,11%.

O aço pode ser classificado da seguinte maneira:

- Quantidade de carbono
- Composição química
- Quanto à constituição microestrutural
- Quanto à sua aplicação

A classificação mais comum é de acordo com a composição química, dentre os sistemas de classificação química o SAE é o mais utilizado, e adota a notação ABXX, em que AB se refere a elementos de liga adicionados

intencionalmente, e XX ao percentual em peso de carbono multiplicado por cem.

### 2.2.1 O AÇO Inox

O aço inoxidável é um aço de alta-liga com teores de cromo e de níquel em altas doses (que ultrapassam 20%). Com este material será fabricado a porta e as laterais inferiores do refrigerador objeto deste trabalho.

A resistência à oxidação e corrosão do aço inoxidável se deve principalmente a presença do cromo na liga, que a partir de um determinado valor, e em contato com o oxigênio permite a formação de uma película finíssima de óxido de cromo sobre a superfície do aço, que é impermeável e insolúvel nos meios corrosivos usuais fazendo assim a proteção do aço em relação ao meio corrosivo.

### 2.2.2 Aço galvanizado

As chapas internas do refrigerador serão de aço carbono galvanizado, buscando maior durabilidade da chapa, pois estará em contato com ambiente corrosivo (a alta umidade).

O termo galvanização nasceu da descoberta do cientista Luigi Galvani (1757 - 1798) que consiste em aplicar uma camada de zinco a um metal a fim de protegê-lo contra a corrosão.

A galvanização eletrolítica nada mais é do que a deposição do zinco em um material através de corrente elétrica, ou seja, a corrente elétrica fornecida pelas redes de distribuição transformada de alternada para corrente contínua através de retificadores, para que possa haver a separação da corrente em duas partes, a positiva e a negativa (Anodo e Catodo). No anodo colocamos o zinco que por sua vez se diluirá em uma solução eletrolítica e será conduzido até o material que estará em contato com o catodo. Devido a alta corrente aplicada (2.000 A) este zinco é depositado na superfície e ali permanecerá mesmo sob certas dobras e torções aplicadas no material.



Este processo garante excepcional aumento na durabilidade do material sendo que o mesmo poderá ser aplicado em varias áreas da Construção Civil e Automobilística.

## 2.3 HISTÓRIA DA CERVEJA

Lange e forty (1999), afirmam que arqueólogos descobriram que a cerveja já era fabricada pelos egípcios e sumérios há cinco mil anos atrás. No entanto é provável que as primeiras cervejas tenham sido feitas no período neolítico quando o homem começou a colher e estocar cereais e descobriu o processo de fermentação.

A cerveja não é apenas a bebida alcoólica mais antiga que se conhece: usada no tratamento de doenças, cerimônias e em rituais religiosos em honra a deuses e aos mortos, serviu como forma de pagamento de escambo, além de ser uma excelente fonte de nutrição.

É significativo que tanto o pão quanto a cerveja usem praticamente os mesmos ingredientes, e sua evolução esta interligada. A antiga palavra suméria para designar cerveja queria dizer (pão liquido).

Antes da refrigeração moderna e da baixa fermentação, a cerveja só podia ser fabricada no local do consumo, e destinada a apenas uma parte do ano, pois não havia como conservá-la. Os mosteiros da idade média dispondo de manuscritos gregos e romanos e com técnicas egípcias, tornaram-se famosos por suas bebidas, e contribuíram para que a cerveja se transformasse naquilo que bebemos hoje, com duas inovações importantes: a substituição de outros aromatizantes pelo lúpulo e a técnica de baixa fermentação.

Com o crescimento das cidades surgiram as especializações e as cervejarias comerciais, a cerveja se tornou uma importante fonte de renda, com leis para conservar sua qualidade e a sua pureza. Embora no começo do século a cerveja ainda fosse feita com fermentação alta e tivesse vida curta, em poucas décadas a indústria mudou radicalmente, com os adventos da baixa fermentação, da refrigeração e do transporte com locomotiva a vapor e da pasteurização. Essas mudanças levaram a um aumento maciço da produção, pois agora ela poderia ser fabricada o ano todo e conservada por mais tempo,

além de poder ser transportada rapidamente para áreas de maior demanda e consumo.

Um equívoco é achar que a cerveja é uma bebida específica, ela pode ser de vários tipos tais como: Stout, Ale, Porter, Bitter ou Lager. Na verdade cerveja é um termo genérico que abrange todos estes tipos, desde que fermentados com cereais (embora geralmente se use a cevada) lúpulo e levedo, a principal diferença entre as cervejas costuma ser o tipo da fermentação usado, ainda que aja outra variação como a escolha da cevada do lúpulo, água e suas proporções e combinações durante o processo de preparação em si fazem a diferença entre as cervejas claras e escuras. Lange e Forty (1999) ainda afirmam que é evidente que, a região de origem também é importante, assim como o tipo de cerveja fabricado, no entanto as cervejas são praticamente a mesma coisa, o elemento que cria a diferença vital de sabor é o uso da fermentação alta ou baixa, atua em todas as fases importantes da preparação e determina a característica de cada cerveja.

#### 2.4 RECIPIENTES PARA CONSERVAÇÃO DO FRIO

Segundo Costa (1982) os ambientes destinados a conservação do frio, podem ser classificados de maneira geral em:

Isotérmicos;

Refrigerados;

Frigoríficos;

Os isotérmicos são aqueles que ambientes simplesmente isolados, como as chamadas caixas isotérmicas (isopores, carrinhos para sorvete).

Os Refrigerados são aqueles ambientes isolados que dispõe de um sistema descontínuo para produção do frio. Este tipo de sistema é mais utilizado em transporte de frios, como em caminhões refrigerados, barcos pesqueiros, vagões para o transporte de carne e em aviões para o transporte de congelados, etc.

Os frigoríficos, são aqueles ambientes isolados que dispõe de um sistema contínuo para produção do frio. Usado para a refrigeração e

conservação de grandes quantidades de produtos alimentícios, sobretudo durante as entressafras.

## 2.5 HISTÓRIA DOS REFRIGERADORES

Desde a idade da pedra, a humanidade vem procurando solucionar um problema crucial para sua sobrevivência: a conservação dos alimentos, algumas culturas antigas descobriram que os alimentos conservam-se melhor em lugares frios do que em lugares quentes. Por isto desde, épocas muito remotas, o gelo foi usado para preservar alimentos. Escavações arqueológicas realizadas no vale do rio Indo, mostraram que antigas culturas já conheciam um processo para a fabricação de gelo. Estas escavações revelaram diversas “fábricas de gelo” milhares de formas com tampa feitas de materiais porosos.

Nestas “fabricas” o gelo era obtido do seguinte modo, inicialmente enchiam as bandejas com água que eram posteriormente, tampadas. A seguir as formas eram molhadas com água e então abanadas por uma legião de escravos provocando assim a evaporação da água derramada por cima das formas, essa evaporação causava o resfriamento da água no interior da forma, até o seu congelamento.

Na Roma antiga utilizavam o gelo para resfriar alimentos e bebidas, ele era coletado durante o inverno em lagos dos Alpes, embalado em palha e transportado para a capital do império romano.

O gelo natural foi utilizado para conservar alimentos até 1930, blocos de gelo eram cortados do lago e do mar e cobertos com serragem, a fim de serem conservados para utilização no verão.

De fato, o gelo constituiu um artigo de muita demanda e importante valor comercial a partir da segunda metade do século XIX até o início do século XX, e alguns cientistas almejavam construir uma máquina que fosse capaz de produzi-lo, mas as bases da tecnologia frigorífica moderna só puderam ser estabelecidas em 1870, após os princípios fundamentais da termodinâmica.

Por esta época na Alemanha, a indústria cervejeira enfrentava grandes problemas para evitar que a cerveja estragasse durante o verão. Em 1879 Karl Von Linde, um jovem professor de uma escola politécnica, começou a realizar experimentos com um processo de resfriamento baseado nas trocas de calor

entre um gás e o meio ambiente. Após três anos desenvolveu o projeto de uma unidade frigorífica de grandes dimensões, instalada com sucesso numa fábrica de cerveja. Essa unidade frigorífica tinha seu funcionamento baseado em compressão e expansão sucessiva da amônia.

A amônia é uma solução aquosa do amoníaco. O amoníaco é um gás incolor sintetizado a partir do nitrogênio e do hidrogênio. Fórmula química  $NH_3$ .

Os primeiros refrigeradores, utilizados apenas com finalidades industriais, eram grandes e inconvenientes, e como a amônia é uma substância corrosiva e tóxica, surgiram grandes problemas com vazamentos. Somente em 1913, após vários aperfeiçoamentos, foi construído na cidade de Chicago, o primeiro refrigerador doméstico. A fabricação destes refrigeradores em grande escala, somente teve início em 1920 nos Estados Unidos e em alguns países da Europa.

No Brasil a popularização da utilização dos refrigeradores domésticos começou praticamente a partir década de 1950, em 1991 de acordo com o IBGE, o Brasil já dispunha de 4.249.405 freezers e 23.910.200 geladeiras.

Alem da amônia o dióxido sulfúrico também foi utilizado como fluido frigorífico, mas ele também era tóxico e tinha odor desagradável. Quando ocorriam vazamento destes fluidos, as consequências eram potencialmente perigosas. O ideal era substituí-los por um fluido inodoro que evaporava facilmente que era estável e não tóxico.

Em 1930, o químico americano, Thomas Midgley Jr preparou o FREON, composto químico de carbono cloro e flúor, da família dos clorofluorcarbonos. Os primeiros refrigeradores domésticos surgiram em 1913, eram desajeitados e com pouco espaço útil. O mecanismo de refrigeração de algum deles ficava na parte externa, acima do compartimento para alimentos, recebendo por conta disto o apelido de “colméia”. Por muito tempo os europeus viam nos refrigeradores de luxo desnecessário. Nos Estados Unidos, sua receptividade foi muito maior (estava presente em 60% dos lares em 1941) e conseqüentemente, muitas das características de design se organizaram lá. Desde a década de 50, os refrigeradores e freezers são encontrados numa variedade muito maior de estilos cores e configurações.

## 2.6 FLUIDOS REFRIGERANTES

Fluidos refrigerantes são as substâncias empregadas como veículos térmicos na realização dos ciclos de refrigeração. Inicialmente foram utilizadas, como refrigerantes, substâncias com  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$  entre outras, mais tarde, com a finalidade de atingir temperaturas em torno de  $-75^\circ\text{C}$ , substâncias com  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  e mesmo o propano, foram empregadas. Com o desenvolvimento de novos equipamentos pelas indústrias frigoríficas, cresceu a necessidade de novos refrigerantes.

O emprego da refrigeração mecânica nas residências e o uso de compressores rotativos e centrífugos, determinaram a pesquisa de novos produtos, levando a descoberta dos CFCs (hidrocarbonetos à base de flúor e cloro). Os CFCs reúnem, numa combinação única, várias propriedades desejáveis: não são inflamáveis, explosivos ou corrosivos; são extremamente estáveis e muito pouco tóxicos.

Em 1974, foram detectados, pela primeira vez, os problemas com CFCs, tendo sido demonstrado que compostos clorados poderiam migrar para a estratosfera e destruir moléculas de ozônio. Por serem altamente estáveis, ao se liberarem na superfície terrestre conseguem atingir a estratosfera antes de serem destruídos. Os CFCs foram então condenados como os maiores responsáveis pelo aparecimento do buraco na camada de ozônio sobre a Antártica.

A camada de ozônio tem uma função importantíssima na preservação da vida. Ela é responsável pela filtragem dos raios ultravioleta que, em quantidades elevadas, são prejudiciais ao meio ambiente. Ao ser humano podem causar doença da pele como queimadura, câncer, envelhecimento precoce, etc.

Devido ao efeito dos CFCs sobre a camada de ozônio estratosférico, o Protocolo de Montreal de 1986, determinou sua substituição, provocando uma verdadeira revolução na indústria frigorífica.

A substituição dos CFCs, juntamente com o desenvolvimento de equipamentos eficientes, constitui um verdadeiro desafio. Novos componentes e equipamentos têm sido desenvolvidos, novas tecnologias tem sido introduzidas, especialmente aquelas relacionadas à eletrônica e a informática.

Nos últimos dez anos têm surgido inúmeros substitutos dos CFCs, a maioria no âmbito da família dos hidrocarbonetos halogenados, quer como substâncias puras, quer como misturas binárias ou ternárias.

De maneira geral, os refrigerantes podem ser classificados nas seguintes categorias:

- Hidrocarbonetos halogenados;
- Misturas não azeotrópicas de hidrocarbonetos halogenados;
- Misturas azeotrópicas de hidrocarbonetos halogenados
- Compostos orgânicos;
- Compostos inorgânicos

#### 2.6.1 Aspectos relacionados à segurança na utilização e manuseio de refrigerantes

A segurança na utilização e no manuseio de refrigerantes está relacionada a quatro aspectos básicos:

- Toxicidade;
- Potencial cancerígeno;
- Potencial mutagênico;
- Inflamabilidade.

A norma ASHRAE 34-92 classifica os refrigerantes de acordo com seu nível de toxicidade e inflamabilidade. Cada refrigerante recebe uma designação composta por dois caracteres alfa numéricos, o primeiro é uma letra maiúscula que caracteriza seu nível de toxicidade, o segundo é um algarismo que indica seu grau de inflamabilidade.

Dependendo do grau de toxicidade para concentrações abaixo de 400 ppm, os compostos são classificados em dois grupos:

- Classe A - Compostos cuja toxicidade não foi identificada.

Quanto ao nível de inflamabilidade os refrigerantes são classificados em três grupos:

- Classe 1 - Não se observa propagação de chama em ar a temperatura e pressão pré-estipulada.
- Classe 2 - Limite inferior de inflamabilidade.
- Classe 3 - Inflamabilidade elevada.

### 2.6.2 Compatibilidade com materiais

Ao longo de uma instalação frigorífica o refrigerante entra em contato com diversos materiais como metais, plásticos, elastômeros, vernizes do enrolamento do motor de acionamento do compressor e o próprio óleo de lubrificação, é importante que o refrigerante seja estável e inerte em relação a esses materiais, de modo a não causar problemas como corrosão, expansão, entre outros.

Os refrigerantes halogenados podem ser usados com a maioria dos metais mais comuns, como aço, ferro fundido, latão, cobre, etc. Não é recomendável o uso de magnésio, zinco e ligas de alumínio contendo mais de 2% de magnésio em sistemas que operem com refrigerantes halogenados. Em instalações com amônia, não se deve utilizar cobre, latão ou outras ligas de cobre.

Os elastômeros são freqüentemente empregados em circuitos frigoríficos com a função de vedação, suas propriedades físicas ou químicas podem sofrer alterações significativas quando em contato com refrigerantes ou com o óleo de lubrificação. Alguns elastômeros à base de neoprene tem seu volume significativamente aumentado na presença dos HFCs.

O efeito dos refrigerantes sobre os plásticos, em geral, diminui com a redução do número de átomos de cloro na molécula, ou com o aumento do número de átomos de flúor. É recomendável realizar um teste de compatibilidade entre o plástico e o refrigerante antes do uso.

Os vernizes são encontrados no enrolamento dos motores elétricos de compressores herméticos e semi-herméticos, eles conferem rigidez e isolamento elétrico ao enrolamento. É recomendável a realização de um teste de compatibilidade dos mesmos com o refrigerante do circuito.

### 2.6.3 Interação com o óleo lubrificante

Em sistemas frigoríficos, o refrigerante entra em contato com óleo de lubrificação do compressor que é arrastado para diferentes partes do circuito. Além da função de lubrificação das partes móveis do compressor, o óleo tem a função de resfriamento e, em alguns casos, de vedação entre regiões de alta e baixa pressão, como no caso de compressores alternativos e parafuso. No mercado podem ser encontrados dois tipos básicos de óleo, os minerais e os sintéticos.

Entre os óleos sintéticos destacam-se os álquil benzenos, os glicóis polialcalinos, conhecidos popularmente pelas iniciais do seu nome em inglês PAG, e os ésteres poliódicos (POE).

### 2.7 CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR.

Um ciclo de refrigeração é composto pela união de cinco componentes: compressor, condensador, dispositivo de expansão, evaporador e fluido refrigerante, Figura 2.

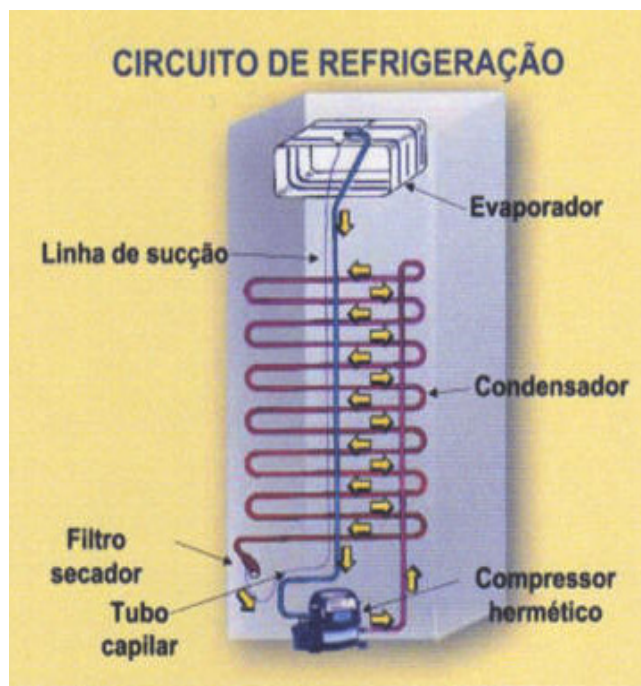


Figura 2: Sistema de refrigeração.  
Fonte: Refrigeração, 2011.



## 2.7.1 COMPONENTES DOS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

### 2.7.1.1 Compressor

O compressor é um dos principais componentes do sistema de refrigeração, sua função é aumentar a pressão do fluido refrigerante e promover a circulação desse fluido no sistema. Os principais tipos de compressores utilizados são: alternativo, centrífugo, de parafusos, palhetas e Scroll. A escolha do tipo de compressor depende essencialmente da capacidade da instalação, que pode ser dividida em pequena capacidade (< 2,5 TR), média capacidade (entre 2,5 e 75 TR) e grande capacidade (> 75 TR), e da temperatura de vaporização e do fluido frigorífico utilizado. O símbolo TR é a tonelada de refrigeração, um termo comumente utilizado em refrigeração que corresponde a energia necessária para liquefazer, aproximadamente, uma tonelada de gelo em 24 horas ( $1,0 \text{ TR} = 3,53 \text{ kW} = 3024 \text{ kcal/h}$ ).

Dependendo da concepção de construção, os compressores podem ser classificados como herméticos, semi-herméticos e abertos. No compressor hermético tanto o compressor, propriamente dito, quanto o motor de acionamento são alojados no interior de uma carcaça, possuindo como acesso de entrada e saída apenas as conexões elétricas do motor. Esse tipo de compressor opera predominantemente com refrigerantes halogenados e o vapor de fluido refrigerante entra em contato com o enrolamento do motor, resfriando-o.

### 2.7.1.2 Compressores Alternativos

Os compressores alternativos são os mais utilizados em sistemas de refrigeração, e se encontram em estágio de desenvolvimento bastante avançado. São amplamente utilizados em sistemas de pequena e média capacidade. São fabricados com capacidades que variam desde uma fração de TR até cerca de 200 TR (de 1 a 700kW). Os refrigerantes HCFC-22, HFC-134a, HFC-404A, HFC-407A e HFC-407C são freqüentemente utilizados com esses compressores em sistemas de ar condicionado para conforto e

processos, enquanto o refrigerante R-717 (amônia) é utilizado em sistemas de refrigeração industrial.

### 2.7.1.3 Ciclo de compressão

A figura 2 mostra o ciclo de compressão em um compressor alternativo.

**Admissão:** o pistão se movimenta em sentido contrário ao cabeçote, fazendo com que haja uma tendência de depressão no interior do cilindro que propicia a abertura da válvula de sucção. Logo o fluido refrigerante é aspirado.

**Compressão:** Ao iniciar o movimento ascendente, o pistão faz com que a pressão suba ligeiramente, o que fará com que a válvula de sucção se feche. O gás dentro do cilindro ficará confinado e, com a subida do pistão, haverá um aumento de pressão e temperatura devido à diminuição do volume do gás. O pistão continuará a subir e a compressão só se encerrará no momento em que a pressão dentro do cilindro atingir o ponto de abertura das molas que até então mantinham a válvula de descarga fechada.

**Descarga:** Com a pressão interna sendo maior que a das molas da válvula de descarga, esta se abre permitindo o escoamento do gás (a alta pressão e temperatura) para a câmara de descarga do compressor. Este processo tem início pouco antes do fim do movimento ascendente do pistão e termina quando se inicia o movimento descendente.

**Expansão:** a válvula de descarga se fecha e quando a pressão interna cair o suficiente, a válvula de admissão se abrirá. O momento em que as duas válvulas estão fechadas e o pistão se movimenta para baixo é denominado expansão.

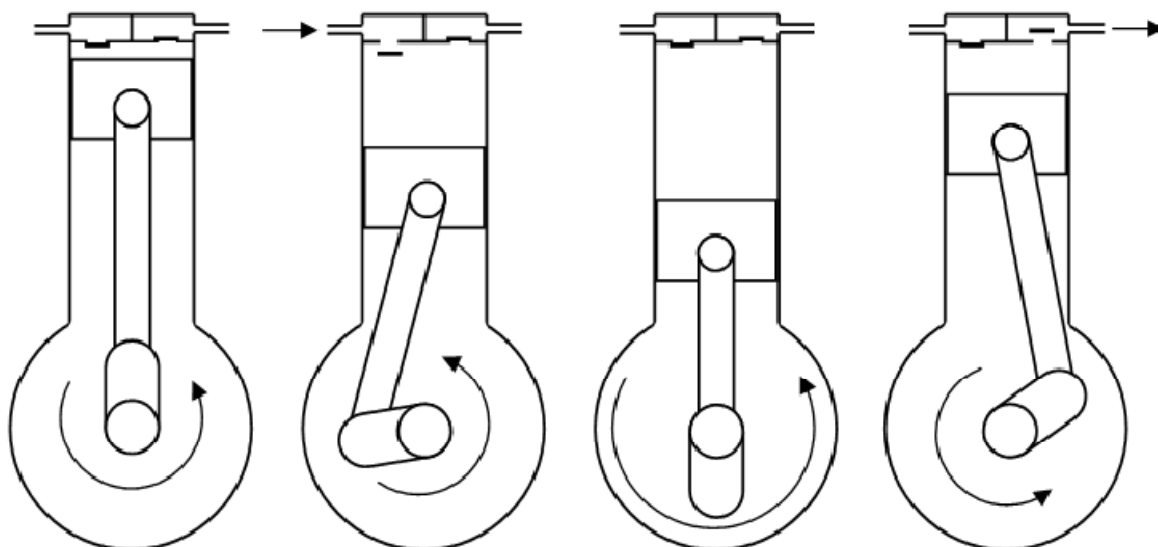


Figura 3: Princípio de funcionamento de um compressor alternativo.

Fonte:ENG 176 Refrigeração e ar condicionado; Parte 1 Refrigeração.

### 2.7.2 Condensadores

A função do condensador é transferir calor do fluido refrigerante para o meio de resfriamento do condensador (água ou ar).

Para a seleção de condensadores resfriados a ar devem ser levados em consideração diversos fatores, tais como: consumo de energia, instalação, disponibilidade, nível de ruído, etc.

A temperatura de condensação deve ser fixada em um valor entre 11 °C e 15 °C maior que a temperatura de bulbo seco do ar que entra no condensador. E, do ponto de vista econômico, o valor ótimo da diferença entre a temperatura de condensação e a temperatura do ar que deixa o condensador deve estar entre 3,5 e 5,5 °C.

Recomenda-se que, em qualquer situação, a temperatura de condensação nunca seja superior a 55 °C. No entanto, para garantir a eficiência do sistema de compressão e, ao mesmo tempo, obter uma maior vida útil dos compressores, a temperatura de condensação não deve ser maior que 48 °C, quando a temperatura de evaporação do sistema refrigerante for maior ou igual a 0 °C e 43 °C, quando a temperatura de evaporação do sistema refrigerante for menor que 0 °C;

Os condensadores a ar devem ser instalados quando possível, elevados, com relação ao nível do solo, para prevenir acumulação de sujeira sobre as serpentinas. Deve-se sempre garantir que existam aberturas adequadas e livres de qualquer obstrução para entrada de ar frio e para a saída do ar quente.

### 2.7.3 Dispositivos de Expansão

O dispositivo de expansão têm a função de reduzir a pressão do refrigerante desde a pressão de condensação até a pressão de vaporização. Ao mesmo tempo, este dispositivo deve regular a vazão de refrigerante que chega ao evaporador, de modo a satisfazer a carga térmica aplicada ao mesmo.

#### 2.7.3.1 Válvula de Expansão Termostática

Devido a sua alta eficiência e sua pronta adaptação a qualquer tipo de aplicação, as válvulas de expansão termostática (VET) são os dispositivos de expansão mais utilizados em sistemas refrigeração de expansão direta. Estas válvulas regulam o fluxo de refrigerante que chega ao evaporador de forma a manter um certo grau de superaquecimento do vapor que deixa o mesmo.

### 2.7.4 Evaporadores

O evaporador é um dos componentes principais de um sistema de refrigeração, e tem a finalidade de extrair calor do meio a ser resfriado, isto é, extrair calor do ar, água ou outras substâncias. Os evaporadores podem ser classificados em evaporadores secos e inundados. Nos evaporadores secos o refrigerante entra no evaporador, de forma intermitente, através de uma válvula de expansão, geralmente do tipo termostática, sendo completamente vaporizado e superaquecido ao ganhar calor em seu escoamento pelo interior dos tubos. Assim, em uma parte do evaporador existe fluido frigorífico saturado (líquido + vapor) e na outra parte fluido superaquecido. Estes evaporadores

são bastante utilizados com fluídos frigoríficos halogenados, especialmente em instalações de capacidades não muito elevadas.

A principal desvantagem deste tipo de evaporador está relacionada com o seu, relativamente baixo, coeficiente global de transferência de calor, resultante da dificuldade de se manter a superfície dos tubos molhadas com refrigerante e da superfície necessária para promover o superaquecimento.

#### 2.7.4.1 Classificação dos Evaporadores

De acordo com a substância ou meio a ser resfriado, os evaporadores podem ser classificados em:

1. Evaporadores para ar.
2. Evaporadores para líquidos.
3. Evaporadores de contato.

#### EVAPORADORES PARA O RESFRIAMENTO DE AR

Em um evaporador para resfriamento de ar, o fluído frigorífico ao vaporizar no interior de tubos, aletados ou não, resfria diretamente o ar que escoar pela superfície externa do trocador de calor. O ar frio é então utilizado para resfriar os produtos contidos em uma câmara, balcão frigorífico, sala climatizada, etc.

Quanto à circulação do ar, estes evaporadores podem ainda ser classificados em evaporadores com circulação natural e evaporadores com circulação forçada.

#### EVAPORADORES COM CIRCULAÇÃO NATURAL DO AR (CONVECÇÃO NATURAL)

Os evaporadores com circulação natural do ar podem ser constituídos tanto de tubos lisos quanto de tubos aletados, tendo sido bastante utilizados em situações onde se desejava baixa velocidade do ar e elevada umidade relativa no ambiente refrigerado. Com a evolução dos sistemas de controle e

de distribuição do ar nas câmaras frigoríficas, estes evaporadores são atualmente pouco empregados.

Os coeficientes de transmissão de calor destes evaporadores são baixos, o que exige grandes áreas de troca de calor. Porém, por questões de limitação dos valores de perda de carga, não devem ser usados tubos muito longos, o que requer o emprego de tubos paralelos. Quanto ao formato de como são dobrados os tubos, há bastante variação entre fabricantes, sendo os principais dobramentos em forma de espiral cilíndrica, trombone, hélice, zig-zag, etc.

Quanto aos materiais empregados em sua construção, os evaporadores de circulação natural podem ser construídos com tubos de cobre, aço ou até mesmo alumínio. E em casos especiais, quando o meio onde estão instalados é corrosivo, pode ser utilizado aço inoxidável. No caso de evaporadores aletados, as aletas podem ser de alumínio, cobre ou aço inoxidável, também para aplicações especiais.

#### EVAPORADORES COM CIRCULAÇÃO FORÇADA DO AR.

Os evaporadores com circulação forçada são atualmente o tipo de evaporador mais utilizado em câmaras frigoríficas, salas de processamento e túneis de congelamento, sendo constituídos, basicamente, por uma serpentina aletada e ventiladores, montados em um gabinete compacto.

Quanto à posição do ventilador em relação à serpentina aletada, estes evaporadores podem ser classificados em:

- Draw-Through (ventilador succionando). Esta configuração permite maior alcance do fluxo de ar frio, porém o calor dissipado pelo motor do ventilador não é retirado imediatamente.
- Blow-Through (ventilador soprando). Embora o alcance desta configuração seja menor, o calor dissipado pelo motor do ventilador é retirado do ar imediatamente após a sua liberação.

### 3 COMPONENTES DO REFRIGERADOR

#### 3.1 NOME DO PRODUTO

O nome escolhido para o produto foi FAST COLD, nome que vem do inglês que significa (frio rápido) devido a característica do refrigerador em gelar a bebida num tempo bem menor que os refrigeradores convencionais. O logotipo do refrigerador pode ser visto na figura 3.



Figura 4: Logotipo do refrigerador

#### 3.2 LOCAL DE USO

O refrigerador foi desenvolvido para tornar melhor os momentos de lazer da família e dos amigos. Geralmente ele será utilizado em edículas, casas de praia, pesqueiros, acampamentos de férias ou também pode ser utilizado em estabelecimentos comerciais com um fluxo muito grande de pessoas.

#### 3.3 DIFERENCIAL DO PRODUTO

O produto se destaca por ter uma grande capacidade frigorífica, se comparada a outros refrigeradores de bebidas, tornando assim o tempo de refrigeração muito menor, o que significa, bebida gelada em menor tempo.

Outro ponto que foi analisado também foi o tamanho, a todo tempo buscou-se unir uma grande capacidade de refrigeração a um tamanho reduzido para facilitar o seu transporte.

### 3.4 PONTOS NEGATIVOS

Infelizmente junto com a grande capacidade frigorífica também veio aliada a ela o maior custo dos equipamentos. Este custo pode ser reduzido se for fabricado em grande escala tornando-se assim um equipamento de produção viável.

Outro ponto negativo encontrado foi o peso final do produto. Este custo pode ser reduzido consideravelmente se algumas partes de aço forem substituídas por plásticos, como por exemplo, grade do condensador e estrutura interna.

### 3.5 CARGA TÉRMICA DO PRODUTO

O cálculo de carga térmica foi feito considerando-se duas caixas de cerveja de 600 ml ou seja 48 garrafas. Considerou-se a temperatura ambiente 25°C e a temperatura final do produto -1°C.

#### 3.5.1 dimensionamento

$$Q=m.c.(T1 - T2)$$

Q= quantidade de calor a ser removido do produto (Kcal)

M = massa de produto (kg)

C = calor específico (kcal/kg.°C)

T1 = temperatura inicial (°C)

T2= temperatura final (°C)

- Carga térmica do líquido (cerveja) 28,8 Litros.

$$Q=m.c.(T1 - T2)$$

$$Q=28.8 \cdot 1.02 \cdot (25+1)$$

$$Q= 736,77 \text{ kcal}$$

- Carga térmica do vidro



Considerando que 48 garrafas vazias de vidro pesam 24 kg, tem-se:

$$Q=m.c.(T1 - T2)$$

$$Q=24 \cdot 0.20 \cdot (25+1)$$

$$Q=124,8 \text{ kcal}$$

Carga térmica total do produto é de 861,57 kcal.

### 3.6 SELEÇÃO DE MATERIAIS E COMPONENTES

Para a fabricação do protótipo será necessário a aquisição de alguns materiais e equipamentos, tais como:

- Unidade condensadora;
- Evaporador;
- Válvula de expansão;
- Chapa de aço carbono;
- Chapa de aço inox;
- Chapa de aço galvanizado;
- Tubo de aço carbono;
- Dobradiças;
- Tinta óleo;
- Borracha de vedação para porta;
- Tubulações de cobre;
- Poliuretano;
- Filtro secador;
- Controlador digital;
- Contadoras;
- Condutores de cobre;
- Fluido refrigerante.

### 3.6.1 Unidade condensadora

Depois de efetuado os devidos cálculos de carga térmica, e analisado o custo benefício, foi selecionada a unidade condensadora.

As unidades condensadoras são equipamentos compostos basicamente por compressor, condensador, ventilador, tubulação de descarga e suporte de fixação das partes. Porém unidades condensadoras mais completas podem ser equipadas com mais algumas peças tais como: pressostato de alta, pressostato de baixa, visor de líquido, tanque de líquido, caixa elétrica com proteções, filtro secador, separador de óleo e acumulador de sucção.

Visando um alto rendimento com um custo aceitável, foi selecionada a unidade condensadora FLEXK 075L6 da Heatcraft®, figura 5, que oferece refrigeração de qualidade e baixo nível de ruído e podem ser aplicadas em baixas e médias temperaturas.

Esta unidade é composta por um compressor, de  $\frac{3}{4}$  HP, com capacidade de refrigeração de 596 kcal/h evaporando a uma temperatura de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , consumindo aproximadamente 600 W/h. A mesma é equipada com condensador, micro ventilador e caixa elétrica, dimensionados apropriadamente para este compressor.



Figura 5. Unidade condensadora Heatcraft

A unidade condensadora apresenta as seguintes dimensões 360 mm de largura 490 mm de profundidade e 340 mm de altura.

O suporte onde estão fixados os componentes da unidade condensadora vai ser parafusado a base do refrigerador, e posteriormente vão ser feitas as devidas conexões dele com o evaporador (linha de líquido e sucção).

### 3.6.2 Evaporador

Depois de selecionada a unidade condensadora e definida a temperatura de evaporação, buscou-se a seleção do evaporador.

Buscando maior rendimento e qualidade optamos por aplicar o evaporador lateral DELTA FRIO®. O modelo selecionado foi o DFLD 42.19 com capacidade de 570 Kcal/h evaporando a -25 °C, com degelo elétrico e ar forçado. O mesmo apresenta as seguintes dimensões 850 mm de altura 500 mm de largura e 130 mm de profundidade, pesa aproximadamente 18kg e a distância entre suas aletas é de 8mm. O seu degelo é feito por resistências elétricas de 1650 W de potência e consome aproximadamente 7,5 amperes, ligado em 220V.

Para ajudar na troca de calor, o evaporador contará com um ventilador, com hélice de 203 mm e 57 W de potência, proporcionando uma vazão de aproximadamente 270 m<sup>3</sup> de ar/ hora.

O evaporador será fixado na traseira do refrigerador utilizando rebites de alumínio.

### 3.6.3 Controlador digital

O MT 444 é um controlador digital de temperatura totalmente parametrizável e desenvolvido especificamente para refrigeradores de bebida. As teclas são sensíveis ao toque e podem selecionar a função desejada, além de outras funcionalidades.

O controlador é dividido em duas partes, módulo frontal e módulo de potência.

No módulo frontal estão as conexões dos sensores de temperatura, interruptor de porta e serial TTL. Já no módulo de potência estão as 4 saídas a relé, podendo acionar diretamente o compressor (COMP), lâmpada (LIGHT), degelo (DEFER) e ventilador (FANS). Através da entrada digital pode-se conectar uma chave para detecção de porta aberta.

O MT444 possui dois pontos de ajustes de operação para cada uma das três receitas, com suas respectivas histereses (diferencial de temperatura entre ligar e desligar o compressor). A primeira função é a de controle de temperatura que estará parametrizada para ligar o compressor quando a temperatura no sensor ambiente estiver a mais do que 0 °C e desligar quando a temperatura no sensor ambiente atingir - 4 °C. A entrada no ponto de ajuste 2, que neste protótipo será denominada de (frio rápido), pode ser realizado através do pressionamento da tecla representada no controlador como uma seta para cima durante dois segundos, com o acionamento desta função o compressor irá ficar ligado até que a tecla seja pressionada novamente, desta forma a temperatura vai cair consideravelmente de modo a gelar a cerveja mais prontamente.

Além das funções de refrigeração e degelo, o controlador possui incorporado um medidor de tensão com a finalidade de proteger o compressor contra sub e sobre tensão da rede elétrica. Sempre que a tensão de alimentação do controlador for maior ou menor que os parâmetros de tensão máxima e mínima irá desligar automaticamente a saída do compressor de modo a protegê-lo.

#### 3.6.4 Contadoras

Como o módulo de potência do controlador suporta apenas a ligação de uma resistência de degelo de no máximo 1540 W, e a resistência do evaporador é de 1650 W, vai ser necessário a utilização de uma contadora que será acionada pelo controlador.

#### 3.6.5 Válvula de expansão

A válvula de expansão termostática, figura 6, vai ser utilizada para regular a injeção de líquido refrigerante no evaporador. A injeção é controlada em função do superaquecimento do refrigerante, que é medido pelo bulbo da válvula que é fixado na saída do evaporador.

A válvula de expansão que será utilizada é a TES 2 da DANFOSS®, a mesma se adapta a uma ampla faixa de temperatura que varia de -60 a 50 °C.

A TES 2 recebe a seguinte nomenclatura pelas seguintes características:

T = Válvula de expansão termostática

E = Equalização de pressão externa 1/4”/ 6 mm

(N = Refrigerante R-134<sup>a</sup>)

(X=Refrigerante R-22)

(S= Refrigerante R-404A)

2 = Tamanho da válvula

A válvula é selecionada pelos seguintes fatores

- carga máxima do evaporador
- temperatura de evaporação
- temperatura de condensação
- subresfriamento do líquido



Figura 6: Válvula de expansão

### 3.6.6 fluido refrigerante R404A

Com a proibição dos CFC's surgiram diversos substitutos a eles, podendo estes ser substâncias puras ou misturas denominadas blend's como R408A, R402B e também o fluido refrigerante que será utilizado no refrigerador, o R404A.

O refrigerante R404A é um fluido a base de hidrofluorcarbonetos HFC, conhecido como fluido refrigerante alternativo definitivo, pois não degrada a camada de ozônio e tem apenas uma fração do GWP (Potencial De Aquecimento Global). É indicado para a substituição do R502 e em equipamentos novos que possuam baixa temperatura de evaporação, não é inflamável e possui níveis de toxicidade aceitáveis. Tem sua principal utilização na refrigeração comercial e industrial e será utilizado no refrigerador objeto deste trabalho.

### 3.6.7 Óleos lubrificantes

Um óleo lubrificante, para ser utilizado em compressores de refrigeração, deve possuir as seguintes características:

- Miscibilidade com o fluido refrigerante;
- Compatibilidade química com o refrigerante;
- Manter fluidez a temperaturas baixas;
- Estabilidade térmica e elétrica;
- Condutor térmico;
- Isolante elétrico;

A tabela 3 mostra a compatibilidade dos óleos lubrificantes utilizados em relação aos fluidos refrigerantes:

Fluido	Óleo Mineral	Óleo Alquilato	Óleo Poliol Éster
R502	Compatível	Compatível	Compatível
R404A	Incompatível	Incompatível	Compatível
R507	Incompatível	Incompatível	Compatível
R408A	Compatível	Compatível	Compatível
R402A	Compatível	Compatível	Compatível
R402B	Compatível	Compatível	Compatível

Tabela 1 interação com óleo lubrificante

Fonte: Tecumseh

### 3.6.8 Filtros secadores

Filtros secadores, figura 7, são componentes instalados em sistema de refrigeração com a função de reter a umidade e partículas sólidas. São construídos em cobre ou ferro. Internamente possui uma tela grossa na entrada e uma tela fina na saída, entre as telas são colocados dessecantes que podem ser molecular Sieves ou Silicagel que absorvem umidade em um sistema de refrigeração.

O filtro deve ser instalado na posição vertical com a saída para baixo. Quando esta posição não for possível, pode-se montá-lo na horizontal, porém jamais deve ser montado na vertical com a saída para cima.

Com o surgimento de diversos fluidos refrigerantes alternativos, várias opções de filtros secadores foram desenvolvidos.

O filtro secador é composto por partículas dessecantes e deve ser escolhido de acordo com sua aplicação, levando em conta fluido refrigerante, pressões de trabalho e fluxo de massa.

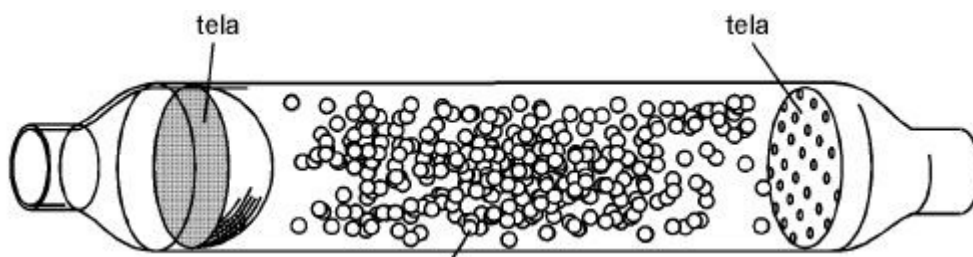


Figura 7. Filtro secador

Fonte: Tecumseh

O filtro secador exerce duas funções de suma importância para o bom funcionamento de um sistema de refrigeração, retém partículas de sujeira que

em circulação no circuito poderiam causar obstrução ou danos as partes mecânicas do compressor, absorve a umidade residual do circuito que porventura não tenha sido removida pelo vácuo, evitando todos os danos que causam no sistema como formação de ácidos, corrosão aumento de pressões, congelamentos com conseqüente obstrução do sistema.

## **4. FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO**

### **4.1 CORTE**

O primeiro passo na construção do protótipo foi a limpeza das chapas utilizando-se estopas.

Depois das chapas limpas as mesmas foram cortadas no tamanho pré definido, com o auxílio de uma guilhotina. Essa máquina é composta de duas laminas uma fixa e outra móvel, as quais são fixadas na sua estrutura. O ângulo da lâmina pode ser variado junto com o afastamento entre as lâminas superior e inferior. Quanto mais espesso o material maior o ângulo e o afastamento entre as lâminas.

A máquina que foi utilizada tem capacidade de cortar chapas com até 6 mm de espessura, e com 3,2 m de comprimento.

### **4.2 DOBRAS**

As dobras foram feitas com o auxílio de uma dobradeira manual. Esta máquina pode ser utilizada para curvar ou prensar qualquer tipo de chapa e é largamente utilizada nas indústrias para fabricação de máquinas e equipamentos.

Na dobradeira foram dobradas as seguintes peças do refrigerador:

Peça 1: esta peça, figura 8, representa a estrutura exterior do refrigerador (laterais teto) já com a peça inferior soldada, estas peças foram feitas com chapas de aço carbono 1020 com espessura de 1,21mm.





Figura 8: Estrutura externa

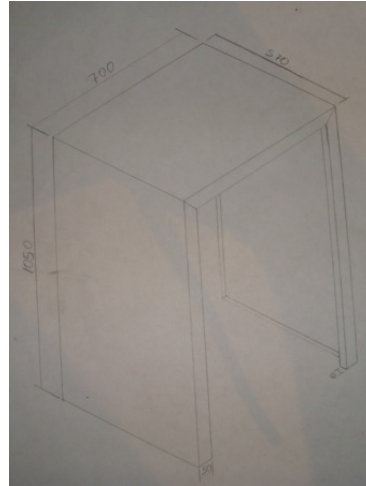


figura 9: Desenho técnico1

Peça 2: esta peça representa o fundo exterior do refrigerador demonstrada acima na figura xxxxxxxxxxxx e também foi feita com chapa de aço carbono 1020 com espessura de 1,21mm. Esta peça foi rebitada e soldada junto com a peça 1, que representa o teto e as laterais externas.

Peça 3: esta peça, figura xxxxxxxxxxxx, representa as laterais e o teto da estrutura interna do refrigerador. Junto com a peça quatro foram feitas com uma chapa de aço carbono galvanizada com espessura de 0,61mm com o objetivo de garantir a integridade física do refrigerador em contato com o meio corrosivo, a alta umidade.



Figura 10: Laterais internas e teto

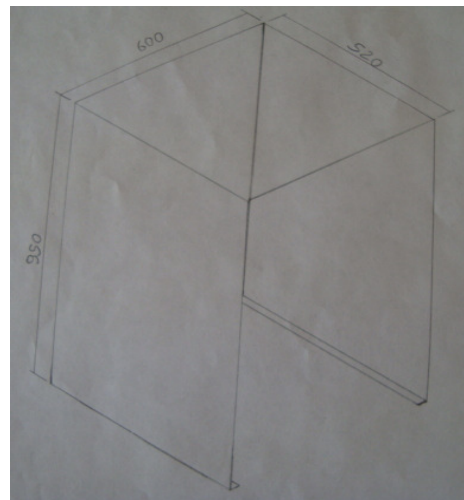


Figura 11: Desenho técnico 2

Peça 4: A peça quatro é o fundo e a traseira da estrutura interna do refrigerador, onde posteriormente será fixado o evaporador.



Figura 12: Traseira interior e fundo

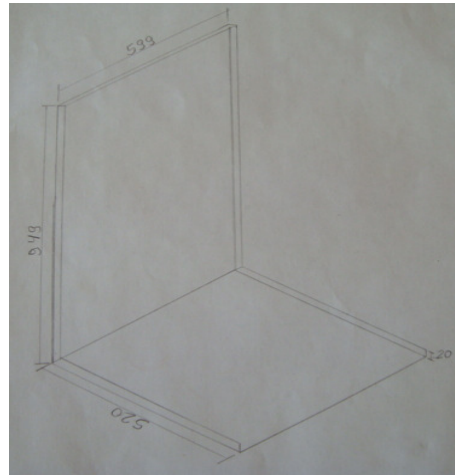


Figura 13 Desenho técnico 3

Depois todas estas peças 1,2,3,4 formarão a estrutura superior do refrigerador que será apresentada a seguir na figura 14.



Figura 14 Estrutura superior do refrigerador.

Aqui as peças já foram unidas com rebites e solda. A estrutura pintada da cor de chumbo metálico é formada pelas peças 1 e 2, e a estrutura que esta pintada de branco é formada pelas peças 3 e 4.

### 4.3 SOLDAGEM

A soldagem da estrutura do refrigerador foi feita com a MIG/MAG, soldagem por arco elétrico com gás de proteção, este processo de soldagem leva esse nome devido à sigla em inglês, *Metal Inert Gas*.

Quando a proteção gasosa é feita com um gás dito ativo, ou seja, um gás que interage com a poça de fusão (normalmente  $\text{CO}_2$ ) o processo é denominado MAG das iniciais em inglês de *Metal Active Gas*.

Para realizar a soldagem foram utilizados os seguintes EPIS, botas com solado isolante, perneiras em couro, avental em couro, mangotes, luvas de raspa, máscaras tipo escudo ou capacete, touca de solda, abafador de ruído e óculos de proteção.

Depois do término de todas soldas, foi feito o acabamento com a lixadeira e um disco abrasivo.

A solda foi utilizada para unir a peça um e dois e também para fabricar e estrutura inferior do equipamento como também as grades onde serão armazenadas as bebidas.

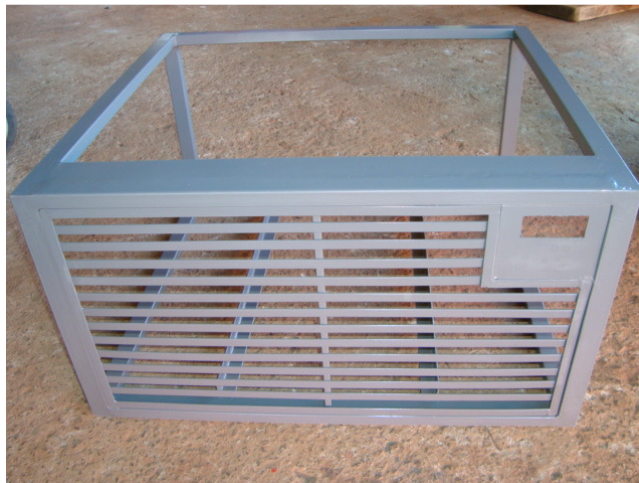


Figura 15: Estrutura inferior do equipamento

### 4.4 PINTURA

Segundo a norma ISO 4618: Tinta é um produto líquido ou em pó que quando aplicado sobre um substrato, forma uma película opaca, com características protetoras decorativas ou técnicas particulares.

A pintura da estrutura foi feita com o método de pintura mais utilizado na indústria, a pintura com pistola convencional.

Neste tipo de pintura a tinta é soprada por um jato de ar comprimido formando um “spray” nela a tinta é reduzida a gotas muito pequenas, onde é aspirada contra a peça, formando assim uma pequena cobertura sobre a superfície que se deseja pintar.

Se o refrigerador for bem aceito no mercado, e fabricado em grande escala, pretende-se permitir ao cliente escolher a cor que melhor combine com o local onde o refrigerador será utilizado, e assim dar mais um diferencial ao produto.

#### 4.5 ISOLAMENTO TÉRMICO

Um isolante térmico é qualquer material que, interposto entre dois ambientes a temperaturas diferentes, retarda de maneira apreciável a transferência de calor do ambiente mais quente para o mais frio.

Desconsiderando-se a transferência de calor por radiação, o isolante perfeito é o vácuo.

Entretanto, a utilização de câmaras frigoríficas com isolamento a vácuo não é comum pelas dificuldades técnicas e alto custo.

Os isolantes térmicos são materiais formados por uma infinidade de células ocas, cheias de ar ou outro gás. As células devem ser pequenas de maneira a impedir o movimento do gás nelas encerrado, e quanto maior o número de células (poros) melhor será os materiais isolantes, implicando também numa pequena densidade.

Os isolantes devem possuir também outras características:

- Baixa densidade (para não sobrecarregar o peso do sistema);
- Não possuir ou fixar cheiro;
- Ser Imputrescíveis;
- Baixa absorção de umidade (baixa permeabilidade);
- Adequada resistência à difusão de vapor de água;
- Não ser atacado por insetos ou roedores;
- Resistência a deformações causadas por diferenças de temperatura;

- Alta resistência mecânica a trepidações;
- Não atacar nem ser atacado pelos produtos a serem conservados;
- Baixo custo operacional
- Não ser inflamável;

Nenhum material apresenta simultaneamente todas estas características. A escolha do isolante deve se basear nas condições associadas a cada aplicação, para o isolamento do refrigerador será utilizado o poliuretano expandido.

#### 4.5.1 Poliuretano Expandido

O refrigerador foi isolado com poliuretano expandido com 50 mm de espessura.

Este isolamento é obtido pela reação química entre dois componentes líquidos: isocianato e polihidroxilo, na presença de catalisadores. A estrutura celular é formada pelo desprendimento de CO<sub>2</sub> em uma reação química secundária ou pela ebulição de um líquido (agente de expansão) sob o efeito do calor da 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.

Os dois líquidos vão ser misturados na medida 1/2 a 1/2 e vão ser derramados nas extremidades do refrigerador, ou seja nas paredes e na porta, tendo como objetivo garantir o isolamento térmico e dar a sustentação mecânica.

#### 4.6 FIXAÇÃO DAS PEÇAS

As primeiras peças que foram unidas formam a estrutura superior figura 14, onde serão armazenadas as cervejas com a estrutura inferior, figura 15, onde serão fixadas a unidade condensadora o controlador e o comando elétrico.



Figura 16: Estrutura superior montada sobre a base inferior.

Depois de toda a estrutura montada foram fixadas a ele as dobradiças, a porta, borracha de vedação da porta, os pés, e posteriormente fixado o evaporador e a unidade condensadora.

#### 4.7 EVACUAÇÃO DO SISTEMA

Depois de fixadas todas as partes, foi feita a operação de vácuo do sistema.

A evacuação do sistema é um dos processos mais importantes na refrigeração. Nos sistemas de refrigeração a função do vácuo é remover o ar e a umidade antes de se efetuar a carga de refrigerante.

Um sistema que não tenha sido corretamente evacuado apresentará problemas de altas pressões, devido aos gases não condensáveis, problemas de ataques químicos a partes metálicas do sistema ao verniz dos motores e ao óleo, provocando sua decomposição.

Quanto mais profundo o vácuo obtido melhor para o sistema de refrigeração. Normalmente fabricantes de equipamentos de ar condicionado recomendam vácuo inferior a 400 mbar para processo simples de evacuação.

Uma vez evacuado o sistema ele deve ser desconectado da bomba de vácuo e "repousar" por, pelo menos, 10 horas para que seja verificada a variação do vácuo.

#### 4.8 CARGA DE REFRIGERANTE

Uma vez montado todo o sistema de refrigeração o mesmo deve ser carregado com o tipo e quantidade correta de fluido refrigerante. Neste refrigerador foi utilizado aproximadamente 960 gramas do fluido refrigerante R404A.

Depois de efetuada a carga do fluido refrigerante só falta ligar o equipamento e fazer a leitura das pressões de alta e baixa, para ver se o equipamento esta trabalhando corretamente e gerando o devido rendimento esperado.

#### 5 TESTES REALIZADOS

Para comprovar a sua eficiência foram feitos os seguinte testes: medição da corrente em cada um dos refrigeradores e cronometrar quanto tempo cada refrigerador vai demorar para fazer com que as bebidas atinjam 0°C.

para fazer os testes foram utilizados os seguintes equipamentos, multímetro, penta, o nosso protótipo (FAST COLD) mostrado na figura4



Figura 17: Protótipo Fast Cold, Refrigerador De Bebidas De Alto Rendimento

e um refrigerador de bebidas utilizado em estabelecimentos comerciais fornecido pela cervejaria Bavária produzido pela empresa Metal Frio com praticamente o mesmo tamanho.



Figura 18: Refrigerador de bebidas utilizado em estabelecimentos comerciais



Inicialmente abastecemos cada um dos refrigeradores com uma caixa de cerveja em garrafa contendo cada uma 24 garrafas com capacidade de 600 ml.

Para medir a temperatura no interior das garrafas, foi utilizado um equipamento denominado penta, os sensores foram introduzidos em duas garrafas, um em cada equipamento, para medir a temperatura interna do líquido, que está dentro dos refrigeradores.

Para realizar os testes, em cada um dos equipamentos foi utilizado o seu modo feito para gelar rapidamente, no caso do Fast Cold ele trabalhará no modo (frio rápido) no qual o compressor fica ligado durante o tempo desejado, e no refrigerador 2 foi pressionado um botão que está localizado no evaporador do mesmo que é utilizado para gelar rapidamente.

Depois de posicionado os sensores os equipamentos foram energizados, neste momento a temperatura ambiente estava na casa dos 28°C.

Quando se passaram uma hora de teste a bebida no equipamento 1 o Fest Cold estava a 8.8°C e no equipamento 2, a temperatura do líquido se encontrava a 14.9°C, mostrando já que o equipamento um é mais eficiente.

Depois de passar uma hora e vinte minutos de teste a bebida que estava no interior do Fast Cold atingiu a marca de 0°C, e para fazer a mesma tarefa o equipamento 2 demorou aproximadamente duas horas e cinquenta minutos.

O Fast Cold consome em média 3,5 a 4,5 ampéres ligado em 220 volts, e o refrigerador 2 cerca de 7.5 a 8.5 ampéres ligado em 127volts.

## 6 CUSTO PARA FABRICAÇÃO

Peças/outros	R\$
Chapas de aço inox	280.00
Chapas de aço carbono	190.00
Tubos de aço	50.00
Aluguel de maquinas e equipamentos	200.00
Mangueira flexível para o dreno	6.00
Tinta, fundo praimer, solvente, lixa	130.00

<b>Adesivo</b>	15.00
<b>Borracha de vedação da porta</b>	50.00
<b>Pezinhos do refrigerador</b>	10.00
<b>Filtro secador ¼ x 10</b>	9.60
<b>2 porcas ¼</b>	2.90
<b>Válvula schreider</b>	2.09
<b>Porca de metal ½</b>	2.55
<b>Porca de metal 3/8</b>	1.90
<b>Válvula de expansão ts2</b>	68.00
<b>Orifício 00</b>	13.50
<b>Luva redução 5/8 para 3/8</b>	1.90
<b>1,1 metro de tubo ¼</b>	5.50
<b>2 metros de tubo 3/8</b>	14.00
<b>Plug macho</b>	4.00
<b>Condutores de cobre</b>	16.00
<b>Disjuntor 10 ampéres</b>	17.00
<b>2 contatores</b>	56.00
<b>Controlador de temperatura</b>	172.00
<b>7,825 kg de poliuretano</b>	97.82
<b>Unidade condensadora</b>	649.00
<b>Frete do evaporador</b>	46,50
<b>Evaporador</b>	632,00
<b>TOTAL</b>	<b>2743,26</b>

Tabela 2: Custos do projeto

## 7 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Neste trabalho algumas dificuldades surgiram e são agora listadas:

- dificuldade na seleção dos equipamentos, pois as dimensões da unidade condensadora e do evaporador encontrados no comércio são muito restritas o que gerou aumento nas dimensões do refrigerador produzido.
- fazer um produto que fosse viável, pois os equipamentos que precisavam ser adquiridos tinham um valor muito elevado.
- quando o poliuretano foi injetado na porta o mesmo expandiu e pressionou as suas extremidades deformando-as um pouco. Para que este problema não se repita é necessário fazer gabaritos para restringir a deformação das mesmas.
- aquisição de uma borracha de vedação para porta que fosse de boa qualidade.

## 8. CONCLUSÃO

Apesar das dificuldades encontradas na compra dos componentes utilizados no refrigerador, o mesmo atingiu a expectativa esperada: gelar uma grande quantidade de cerveja (24 garrafas de 600 ml cada) em uma hora e vinte minutos, enquanto um refrigerador convencional demora cerca de duas horas e cinquenta minutos para efetuar a mesma tarefa.

O custo do refrigerador ficou em R\$ 2743,26 Este valor é alto comparado aos refrigeradores convencionais. Isto era algo esperado visto que a produção foi artesanal e não seriada. No entanto o foco comercial do produto é ao público que está disposto a pagar um pouco a mais neste produto diferenciado.

A potência consumida pelo Fast Cold é de 0.96 kW, considerando a cerveja entrando a 28°C. O tempo gasto para gelar as cervejas até 0°C foi de uma hora e vinte minutos e o custo com energia elétrica foi de R\$ 0,61 considerando o custo do kW/h R\$ 0,46.

Espera-se que, se o produto for lançado no mercado, o mesmo possa satisfazer ao máximo os clientes, tornando assim mais prazerosos os momentos de lazer com a família e com os amigos.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MUNARI, Bruno. **Design e comunicação visual**. São Paulo, Martins Fontes 1997.

COSTA, E. C. , 1982. **Refrigeração**. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo.

CAMARGO, L.O. **O que é lazer**. São Paulo, Brasiliense, 1989.

DUMAZEDIER, J.. **Lazer e cultura popular**. São Paulo perspectiva, 1976.

FERREIRA, A. B. de H. **Mini Aurélio: o mini dicionário da língua portuguesa**. 4º edição. Rio de Janeiro. ED nova fronteira, 2001.

LANGUE, T., FORTY, J. **Cervejas**. São Paulo, Nobel, 1999.

[HTTP://www.lazer.eefd.ufrj.br](http://www.lazer.eefd.ufrj.br) acesso dia 12 de setembro de 2011 as 13:45.

TECUMSEH, <http://www.tecumseh.com.br/imgs/publicacoes/bit11.pdf> acesso dia 3 de outubro de 2011 as 11:23.

CHAVERINI, V. "**Aços e Ferros Fundidos**", **Características gerais, tratamentos termicos e principais tipos**. 4 Edição São Paulo, Associação Brasileira de Metais 1977.

WILLIAM D. CALLISTER, J.R., **Ciência e Engenharia de Materiais, Uma Introdução**. Quinta Edição 2002, Editora LTC

COSTA, E. C. , 1982, **Refrigeração**, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo

PIRANI, M. J., **ENG 176 Engenharia E Ar Condicionado, Parte 1 Refrigeração**. Universidade Federal da Bahia. Departamento de Engenharia Mecânica.