

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS - APMA

LUCAS DE MENEZES E SILVA

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO EM NAVIO MERCANTES

Rio de Janeiro
2016

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS - APMA

LUCAS DE MENEZES E SILVA

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO EM NAVIO MERCANTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: Prof. José Ernesto.

Rio de Janeiro

2016

LUCAS DE MENEZES E SILVA

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO EM NAVIO MERCANTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Prof. José Ernesto.

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico este trabalho a minha esposa Priscila de Menezes e Silva que sempre esteve ao meu lado, entre as lutas e vitórias. Seu apoio incondicional, muitas vezes orando e me ajudando na melhor maneira de prosseguir.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, aos meus pais, irmãos, e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, ajudaram para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Em especial a minha esposa que por principalmente nos momentos mais difíceis me deu suporte e apoio.

Aos meus sobrinhos Sara, Sofia, Maria Fernanda e Samuel. Aos meus amigos que dividiram um pedaço da vida deles comigo durante esse curso.

Ao Mestre José Ernesto que ensinou muito mais que o simples conhecimento, nos ensinou a ser chefes de máquinas e me orientou sempre me passando tranquilidade para terminar.

“E haverá estabilidade nos teus tempos, abundância de salvação, sabedoria e ciência; e temor do Senhor será o seu tesouro.”

(Isaías 33:6)

RESUMO

Essa pesquisa apresenta uma abordagem prática para os sistemas de refrigeração a bordo de navios mercantes, visando servir de referência para os profissionais que atuam na área de máquinas e equipamentos auxiliares (oficiais, praticantes, condutores, marinheiros e moços de máquinas). É necessário o conhecimento do princípio de funcionamento do ciclo de refrigeração e a identificação dos equipamentos utilizados, suas definições, funções e os diferentes tipos que são mais usados na frota mercante. Através do trabalho exposto, verificou-se que o bom conhecimento de todo o sistema é essencial para o Oficial de Máquinas responsável pela condução e manutenção dos equipamentos relacionados.

Palavras-chave: Refrigeração. Equipamentos, Compressor. Condensador. Evaporador. Válvula de expansão.

ABSTRACT

This research presents a practical approach to the cooling systems on board of merchant ships, aiming to serve as a reference for professionals working in the field of engine rooms and auxiliary equipment (officers, practitioners, drivers, sailors and cadets). It is necessary to know the principle of operation of the refrigeration cycle and the identification of the equipment used, their definitions, functions, and the different types that are commonly used in the merchant fleet. Here, it was found that the good knowledge of the entire system is essential to the engineer responsible for driving and maintenance of related equipment.

Keywords: Refrigeration, Equipment, Compressor, Condenser, Evaporator, Expansion Valve.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema Termodinâmico da Máquina Frigorífica	11
Figura 2: Tipos de Compressores	14
Figura 3: Compressor Hermético, Compressor semi-hermético e compressor	15
Figura 4: Condensador Multitubular (Shell and Tube)	17
Figura 5: Condensador Evaporativo	18
Figura 6: Evaporador Inundado alimentado por Bomba	20
Figura 7: Localização do Evaporador na Câmara Frigorífica	21
Figura 8: Válvula de Expansão Termostática com Equalização	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFRIGERAÇÃO	11
2.1	Sistemas de refrigeração	12
2.2	Componentes do sistema de refrigeração por compressão de vapor	13
2.2.1	Compressor	14
2.2.2	Condensador	16
2.2.2.1	<i>Condensador arrefecido a ar</i>	16
2.2.2.2	<i>Condensador arrefecido a água</i>	17
2.2.2.3	<i>Condensadores evaporativos</i>	17
2.2.3	Evaporador	19
2.2.4	Válvula de expansão	22
2.2.5	Acessórios do circuito de refrigeração	23
3	INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS	25
3.1	História da refrigeração	25
3.2	Início da refrigeração artificial	26
3.3	Classificação por aplicações	28
3.3.1	Refrigeração doméstica	28
3.3.1	Refrigeração comercial	29
3.3.3	Refrigeração industrial	29
3.3.4	Refrigeração marítima e de transporte	29
4	DEFINIÇÕES	30
4.1	Condicionamento de ar	30
4.2	Conservação de gêneros alimentícios	30
4.3	Enzimas	32
4.4	Microorganismos	34
4.5	Bactérias	36
4.6	Apodrecimento e deterioração	38
4.7	Fermentos	39
4.8	Fungos	40
4.9	Agentes de putrefação	41
4.10	Conservação por refrigeração	43
4.11	Armazenagem refrigerada	44

4.12	Umidade e movimento do ar	45
4.13	Condições do produto quando da armazenagem	45
4.14	Resfriamento ou pré-resfriamento do produto	46
4.15	Câmaras frigoríficas	46
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1 INTRODUÇÃO

A refrigeração é um dos sistemas mais importantes para o bom andamento dos navios mercantes, pois através dele é onde se conserva os alimentos para uso pessoal dos tripulantes, ou seja, nas câmara frigorífica. O conhecimento adequado do sistema e dos equipamentos capacita o oficial de máquinas para operação e manutenção do mesmo.

Deve-se ter o conhecimento dos equipamentos presentes no sistema, como por exemplo compressor, evaporador, condensador, dispositivo de expansão. A seleção dos diferentes tipos de cada componente há uma série de fatores que precisam ser cuidadosamente considerados.

Os compressores são divididos em categorias principais de acordo com suas características de compressão. Os condensadores também são classificados dependendo do meio de arrefecimento. A condensação é sem dúvida o processo dominante em aplicações normais de refrigeração. Em qualquer sistema de refrigeração é projetado, instalado e em operação tem um único objetivo, remover calor. O dispositivo de expansão cumpre seus objetivos e também tem seus diversos tipos.

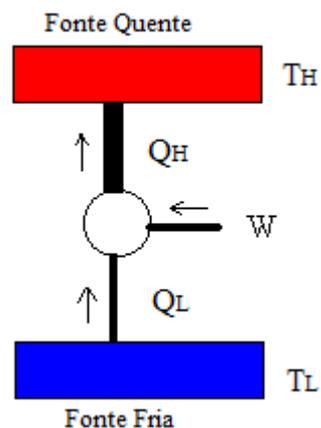
A pesquisa sobre a história da refrigeração é um ponto positivo para todos que querem compreender o funcionamento e manutenção de todo o equipamento. A refrigeração pode ser classificada por aplicações. No presente trabalho será abordado a aplicação de câmaras frigoríficas em navios mercantes.

Algumas definições são importantes para conhecimento na aplicação do sistema a bordo.

2 REFRIGERAÇÃO

A Refrigeração é um dos mais importantes processos térmicos em diversas aplicações práticas, desde a climatização até ao arrefecimento e conservação dos alimentos. O fluido que circula nas máquinas frigoríficas denomina-se fluido refrigerante ou refrigerante. Nestes sistemas, o fluido refrigerante é utilizado como fluido de trabalho para as transferências de energia sob a forma de calor. Inicialmente, após uma expansão, o fluido absorve o calor, pois a sua temperatura é inferior à temperatura da fonte fria, seguidamente dá-se uma compressão e a temperatura do fluido aumenta sendo superior à temperatura da fonte quente dando-se deste modo à libertação de energia sob a forma de calor para a fonte quente, como é esquematizado na figura 1.

Figura 1: Sistema termodinâmico da máquina frigorífica



Fonte: <http://arquivos.ufs.br/egsantana/estadistica/segundo/segundo.htm>.

A figura 1 mostra o esquema de uma máquina frigorífica que funciona para retirar calor da fonte fria. A fonte fria encontra-se a uma temperatura T_L e é removida a carga térmica Q_L . Por outro lado, há rejeição de carga térmica para a fonte quente, Q_H , que se encontra a uma temperatura T_H . Ambos os processos de transferência de calor são possíveis devido à potência mecânica que é necessário fornecer à máquina para que ela funcione W . A refrigeração é uma transferência de energia (na forma de calor), de um corpo frio para um corpo quente, pela aplicação de trabalho externo (ou calor).

2.1 Sistemas de refrigeração

Um sistema de refrigeração é a combinação de componentes e equipamentos conectados de forma sequencial de modo a produzir o efeito refrigerante. Os principais sistemas de refrigeração são:

a) Compressor mecânico de vapor

Princípio de funcionamento: Um fluido volátil (fluido refrigerante) recebe calor e evapora a baixa pressão e temperatura.

Aplicações típicas: Aparelhos de ar condicionado, frigoríficas domésticas e sistemas de refrigeração comercial e industrial de médio e grande porte.

b) Absorção de vapor

Princípio de funcionamento: O vapor de um fluido volátil é absorvido por outro fluido a baixa pressão e temperatura, e posteriormente é destilado da solução a alta pressão.

Aplicações típicas: Pequenos frigoríficos domésticos e sistemas de refrigeração de ar condicionado de médio e grande porte.

c) Efeito termoelétrico

Princípios de funcionamento: Uma corrente elétrica atravessa a junção de dois materiais diferentes produzindo o arrefecimento.

Aplicações típicas: Instrumentos de medida do ponto de orvalho do ar e equipamento eletrônicos.

d) Expansão de ar

Princípio de funcionamento: O ar a alta pressão sobre a expansão adiabática e realiza trabalho sobre um pistão diminuindo assim a sua temperatura.

Aplicações típicas: Arrefecimento de aeronaves.

e) Ejeção de vapor

Princípio de funcionamento: A passagem de vapor a alta pressão através de um difusor provoca a evaporação da água existente num tanque, reduzindo a temperatura.

Aplicações típicas: Sistemas de ar condicionado em navios.

Dentro dos sistemas citados os sistemas de compressão de vapor e o de absorção são os mais utilizados a nível comercial e industrial. Destes dois sistemas

o que é largamente utilizado é o sistema de compressão de vapor, deste modo, será analisado de forma cuidadosa.

Antes de iniciar a descrição do sistema de compressão de vapor e seu funcionamento, é necessário referir os principais componentes do sistema e acessórios em termos técnicos e operacionais.

2.2 Componentes do sistema de refrigeração por compressão de vapor

Um típico sistema de refrigeração é composto por vários componentes básicos, tais como compressores, condensadores, dispositivos de expansão, evaporadores, além de possuir diversos acessórios, como visor, filtros, secadores, separadores de óleo, etc. Para a operação eficiente do sistema de refrigeração, é essencial que haja uma correspondência adequada entre os vários componentes. Antes de analisar o desempenho completo do sistema, é essencial o estudo do design e desempenho dos componentes individualmente. Geralmente, para sistemas de grande porte, dependendo das especificações do projeto, os componentes são selecionados por profissionais com recurso a catálogos de fabricantes e montados no local (KHARAGPUR, et al., 2008).

Analisando o sistema de compressão de vapor, os seus principais componentes são:

- a) Compressor;
- b) Condensador;
- c) Evaporador;
- d) Dispositivo de expansão.

Na seleção de qualquer componente de um sistema de refrigeração, há uma série de fatores que precisam ser cuidadosamente considerados, incluindo:

- a) O equilíbrio dos equipamentos enquanto a carga varia de 0 a 100%;
- b) O controle da formação de gelo nas aplicações em funcionamento contínuo;
- c) A eficiência do sistema de manutenção do mesmo;
- d) O tipo de condensador utilizado: ar, água ou condensador evaporativo;
- e) Projeto do compressor: aberto, hermético, semi-hermético, alternativo, de parafuso ou rotativo;
- f) Seleção do fluido refrigerante (o fluido é escolhido com base na temperatura e pressão de funcionamento).

2.2.1 Compressor

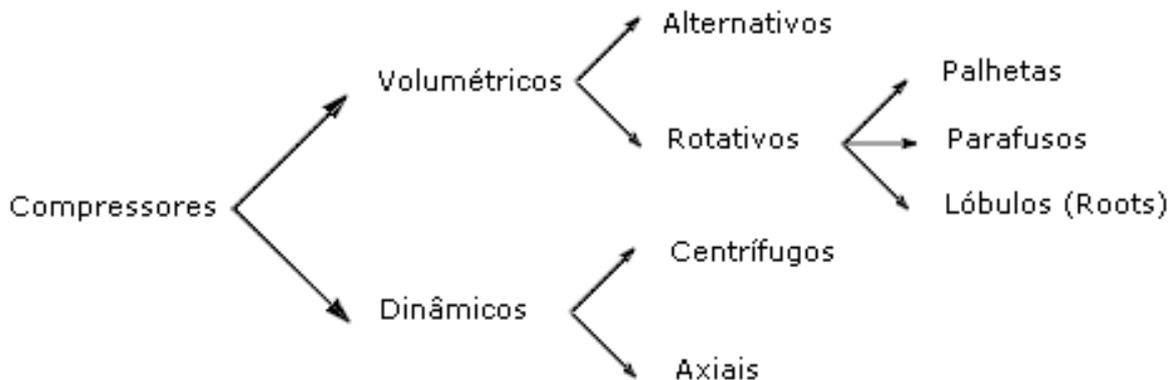
É um dos principais componentes do sistema de refrigeração, a sua função é aumentar a pressão do fluido refrigerante e promover a circulação no sistema. É um componente sistema e muitas vezes é o mais caro, podendo custar entre 30% a 40% do custo total.

Os principais tipos de compressores utilizados são: alternativo, centrífugo, de parafusos, palhetas e Scroll como ilustra a figura 2. A escolha do tipo de compressor depende 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), da temperatura de vaporização e do fluido refrigerante utilizado no sistema.

Os compressores são divididos em duas categorias principais de acordo com as suas características de compressão:

- a) Compressores de deslocamento positivo (ou volumétrico);
- b) Compressores dinâmicos.

Figura 2: Tipos de compressores



Fonte: https://elearning.iefp.pt/pluginfile.php/49360/mod_resource/content/0/CD-Rom/Estudo/Pneumatica_e_Hidraulica_Nivel_III/E_-_Compressores/frame_4.htm.

O compressor de deslocamento positivo aumenta a pressão de vapor do fluido refrigerante pela redução do volume interno de uma câmara de compressão através de uma força mecânica aplicada. Os compressores alternativos, de parafusos, de palhetas e Scroll são de deslocamento positivo. O único compressor

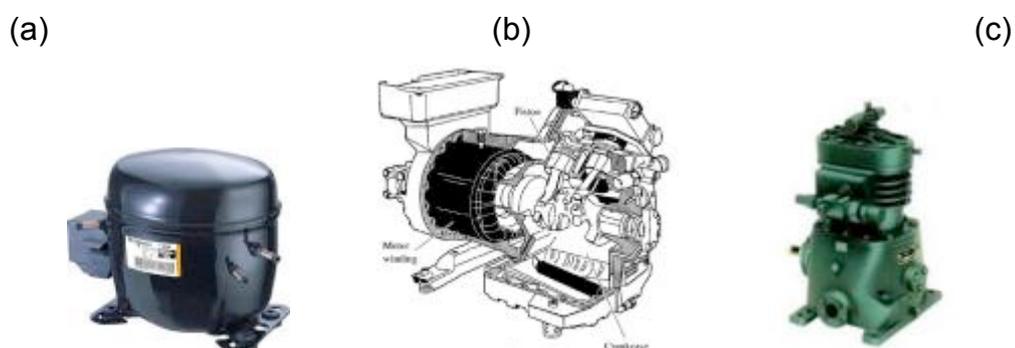
classificado como dinâmico em sistemas de refrigeração é o centrífugo. Nesse tipo de compressor, o aumento de pressão deve-se, principalmente, à conversão de pressão dinâmica em pressão estática, são utilizados em instalações de grande porte. Dos compressores citados, os mais utilizados em instalações de média capacidade são os alternativos e os de parafuso.

Os compressores alternativos são construídos em distintas concepções, destacando-se os tipos aberto, semi-hermético e hermético. Os compressores herméticos, utilizados em frigoríficas domésticas e no ar condicionado até potências da ordem de 30kW, são semelhantes aos semi-hermético, destes diferindo no fato do invólucro só apresentar os acessos de entrada e saída do fluido e ligações elétricas do motor.

O compressor semi-hermético opera exclusivamente com fluidos halogenados, o vapor do fluido refrigerante entra em contato com o enrolamento do motor, arrefecendo-o. Esses compressores tem essa denominação porque permite a remoção do cabeçote, tendo acesso as válvulas e pistões.

No compressor aberto, o eixo de acionamento atravessa o invólucro, sendo, portanto, acionado por um motor externo. Em todo o caso, tanto os compressores herméticos quanto semi-hermético eliminam a necessidade de um selo de vedação para o eixo, como ocorre nos compressores abertos. Entretanto, perdem um pouco de eficiência em virtude do aquecimento do fluido refrigerante promovido pelo enrolamento.

Figura 3: Compressor hermético 3a, compressor semi-hermético 3b, compressor aberto 3c.



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAe1Z4AH/compressores-almir-candido>.

2.2.2 Condensador

O vapor de fluido refrigerante entra no condensador sobreaquecido, verifica-se um arrefecimento sensível. Quando atinge o início da condensação, a fração de líquido e vapor no escoamento varia ao longo do condensador até sair completamente no estado líquido.

Um condensador transfere calor em três fases:

- a) Arrefecimento sensível do fluido sobreaquecido;
- b) Transferência de calor latente na fase de condensação;
- c) Subarrefecimento de líquido.

A condensação é sem dúvida o processo dominante em aplicações normais de refrigeração, correspondendo cerca de 83% da rejeição de calor.

Os meios de arrefecimento mais comuns são o ar e água, podendo haver meios especiais. Segundo o meio de arrefecimento os condensadores podem ser classificados em:

- a) Condensadores arrefecidos a água;
- b) Condensadores arrefecidos a ar;
- c) Condensadores evaporativos.

Os meios usados nos diferentes tipos de condensadores são: aço, cobre e latão, para os fluidos halogenados e aço para o amoníaco, pois cobre e latão é oxidado pelo amoníaco.

A transmissão de calor do fluido refrigerante para o meio arrefecedor se dar por:

- a) Convecção entre o fluido e o filme de óleo aderente à parede interno ou externa do tubo;
- b) Condução através do filme de óleo, parede metálica do tubo e incrustações junto ao meio arrefecedor;
- c) Convecção entre superfície exterior ou interior e o meio arrefecedor.

A “quantidade” de calor que se consegue retirar num condensador depende do coeficiente global de transmissão de calor, da área de permuta e da diferença média de temperatura.

2.2.2.1 Condensador arrefecido a ar

São normalmente utilizados como parte integrante de unidades produzidas em fábricas (unidades condensadoras) de pequena ou média capacidade. Grandes condensadores de ar também podem ser aplicados nas situações em que não é econômica a utilização de sistemas arrefecidos a água, devido ao alto custo ou à indisponibilidade da água.

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. Do ponto de vista econômico, o valor ótimo da diferença de temperatura de condensação e a temperatura do ar que deixa o condensador deve estar entre 3,5 e 5,5°C.

2.2.2.2 Condensador arrefecido a água

Condensadores arrefecidos a água, quando limpos e corretamente dimensionados, operam de forma mais eficiente que os condensadores arrefecidos a ar, especialmente em períodos de elevada temperatura ambiente. Normalmente, estes condensadores utilizam água proveniente de uma torre de arrefecimento. Estes condensadores podem ser de imersão, duplo tubo e multitubulares. A temperatura de condensação, por sua vez, deve ser fixada em um valor entre 5,0°C e 8,0°C superior à temperatura da água que entra no condensador, isto é, da água que deixa a torre. A figura 4 ilustra um condensador multitubular (*Shell and Tube*).

Figura 4: Condensador multitubular (*Shell and Tube*)



Fonte: <http://www.sacome.com/en/intercambiadores-de-calor-tubulares-shell>.

2.2.2.3 Condensadores evaporativos

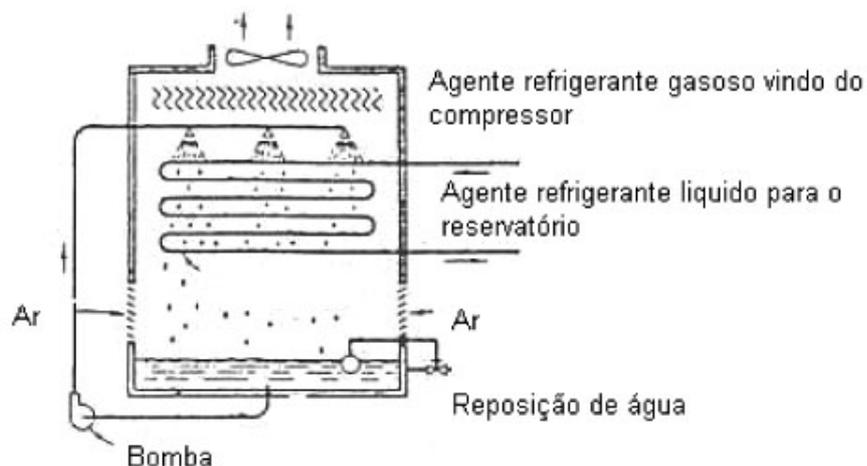
É formado por uma torre de arrefecimento que combina as funções de um condensador a ar e uma torre de arrefecimento de água, no interior da qual é instalada uma série de tubos, por onde escoo o fluido refrigerante. No topo destes condensadores são instalados injetores que atomizam a água sobre tubos onde circulo o fluido.

A água escoo, em contracorrente com o ar, em direção à bandeja de água. O contato da água com os tubos por onde escoo o refrigerante provoca a sua condensação. A água que chega à bandeja do condensador é recirculada por uma bomba, e a quantidade de água é mantida por meio de um controle de nível (válvula de boia), acoplada rede de reposição. A figura 5 ilustra este tipo de condensador.

Analisando os diferentes condensadores é de salientar que nos condensadores arrefecidos a água a temperatura de condensação é baixa em comparação aos condensadores arrefecidos a ar. No entanto, estes sistemas estão sujeitos a uma intensa formação de incrustações e necessitam de cuidados significativos com a água, os quais, na grande maioria das vezes, não existem.

Todo o sistema de refrigeração deve ter um reservatório com volume suficiente para armazenar a carga total de fluido refrigerante, durante as paradas para manutenção ou devido à sazonalidade do processo de produção do qual faz parte o sistema frigorífico. A carga total de fluido não deve ocupar mais do que 90% do volume do reservatório, para uma temperatura de armazenamento não superior a 40°C.

Figura 5: Condensador evaporativo



2.2.3 Evaporador

É um dos componentes principais de um sistema de refrigeração, e tem a finalidade de extrair calor do meio a ser arrefecido, isto é, extrair calor do ar, água ou outras substâncias. É a parte do sistema onde o fluido refrigerante absorve o calor a temperatura constante, por absorção o calor a temperatura constante, por absorção do seu calor latente de evaporação sofre uma mudança de estado, passando da fase líquida para a fase de vapor. Quando o fluido já se encontra na fase de vapor ao absorver mais energia sob a forma de calor, verifica-se um aumento da sua temperatura, trata-se do sobreaquecimento.

Embora o evaporador seja às vezes um dispositivo muito simples, ele é realmente uma parte importante do sistema. Em qualquer sistema de refrigeração é projetado, instalado e em operação tem um único objetivo, remover calor. Como esse calor tem que ser absorvido pelo fluido refrigerante, no evaporador, a eficiência do sistema depende do projeto e do funcionamento adequado do mesmo.

A eficiência do evaporador num sistema de refrigeração depende de três principais requisitos que, devem ser considerados no projeto e seleção do mesmo:

- a) Ter uma superfície para absorver a carga de calor necessária, sem uma diferença excessiva de temperatura entre o fluido refrigerante e a substância a arrefecer de forma a minimizar a temperatura à saída do compressor, para não danificar o mesmo;
- b) Deve apresentar espaço suficiente para o refrigerante líquido e também espaço adequado para que o vapor se separe do líquido;
- c) Ter espaço suficiente para a circulação do fluido sem queda de pressão excessiva entre a entrada e a saída

Os evaporadores são classificados de acordo com:

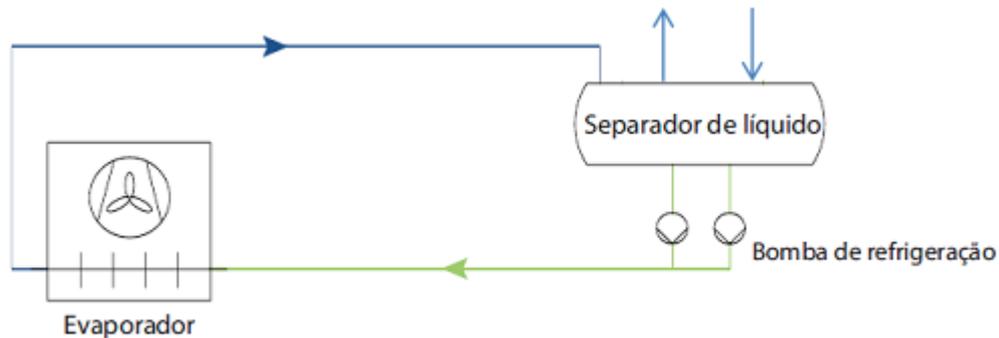
- a) A sua construção física;
- b) O tipo de alimentação do líquido;
- c) A superfície de troca de calor;
- d) O método de circulação do ar.

Na seleção de um evaporador são analisados os componentes que o constituem e respectivas dimensões.

Segundo o tipo de alimentação de líquido, os evaporadores são divididos em evaporadores “inundados” ou “secos”. O evaporador “inundado” é disposto com um

separador de líquido compensador localizado acima da serpentina, de modo que o interior do evaporador permaneça inundado com líquido refrigerante como ilustra a figura 6.

Figura 6: Evaporador inundado alimentado por bomba



Fonte: http://www.fem.unicamp.br/~em672/Absorcao_Alan_Andre.html.

Como existe líquido em contato com toda a superfície dos tubos, este tipo de evaporador usa de forma efetiva toda sua superfície de transferência de calor, resultando num elevado coeficiente de transferência de calor.

Estes evaporadores são muito usados em sistemas frigoríficos que utilizam amoníaco como refrigerante, porém o seu uso é limitado em sistemas com refrigerantes halogenados devido à dificuldade de se promover o retorno do óleo ao cárter do compressor e exigirem grandes quantidades de refrigerante.

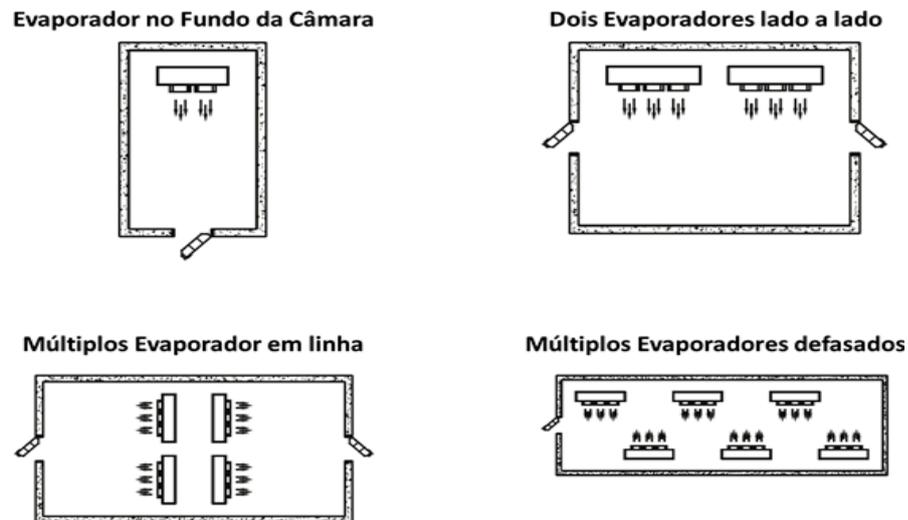
Nos evaporadores “secos”, o refrigerante entra no evaporador de forma intermitente, através de uma válvula de expansão, geralmente do tipo termostática, sendo completamente vaporizado e sobreaquecido ao ganhar calor durante o escoamento no interior dos tubos. Assim, numa parte do evaporador existe fluido refrigerante na fase líquida + vapor e no outro fluido sobreaquecido. Estes evaporadores são bastante utilizados com fluidos halogenados, especialmente em instalações de capacidades não muito elevadas.

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

O descongelamento dos evaporadores pode ser efetuado recorrendo a ar, água (no caso do evaporador trabalhar com temperaturas positivas), à descongelação por resistências elétricas e por gás quente. A localização do

evaporador na câmara pode ser fundamental para o sucesso da sua operação, como mostra a figura 7.

Figura 7: Localização do evaporador na câmara frigorífica



Fonte: <http://www.resfriando.com.br/pergunta-aqui-instalacao-camara-fria/>.

Devem-se apresentar algumas boas práticas para a localização do evaporador:

- A distribuição do ar deve cobrir toda a câmara;
- Procurar instalar os evaporadores de forma a minimizar o comprimento das linhas de fluido refrigerante;
- Definir a posição dos corredores, prateleiras, etc.
- Especificar a localização das linhas de dreno de forma a promover o seu mínimo comprimento;
- Deixar espaço suficiente entre o fundo do evaporador e a parede (~45cm).

Teoricamente, a transmissão de calor realiza-se por convecção do fluido refrigerante até à superfície interna do tubo da serpentina, por condução através da parede da serpentina e por convecção da parede exterior para o meio a arrefecer. Em termos práticos, a superfície interna do tubo fica coberta por uma pequena camada de óleo, arrastado pelo fluido.

Se a superfície do tubo estiver a uma temperatura abaixo de 0°C e se trate de um evaporador de arrefecimento de ar, o vapor de água irá depositar-se formando

gelo ou névoa. Deste modo a resistência à passagem de calor irá aumentar porque o gelo e o óleo são maus condutores térmicos.

2.2.4 Válvula de expansão

O dispositivo de expansão cumpre dois objetivos:

- a) Reduzir a pressão do fluido refrigerante no estado líquido;
- b) Regular o fluido refrigerante que entra no evaporador.

O compressor e o dispositivo de expansão devem funcionar em equilíbrio entre a admissão e a descarga, de forma que o compressor comprima o fluido refrigerante que deixa o evaporador. Uma condição de fluxo desequilibrado entre estes componentes é indesejável e deve ter uma duração bastante reduzida. O funcionamento prolongado em desequilíbrio poderá originar um sobreaquecimento excessivo, significando que grande parte da superfície da serpentina do evaporador estará a ser utilizado para sobreaquecer o refrigerante, o que diminui a sua capacidade e eficiência. Um sobreaquecimento muito baixo pode ser perigoso, pois há o risco de admissão de líquido pelo compressor.

Existem diversos tipos de dispositivos de expansão, tais como:

- a) Válvula de expansão manual;
- b) Válvula de bóia de alta ou de baixa pressão;
- c) Válvula de expansão termostática;
- d) Válvula de expansão eletrônica;
- e) Válvula automática ou de pressão constante;
- f) Tubos capilares.

No nosso trabalho é utilizada a válvula de expansão termostática. Devido a sua alta eficiência e a sua fácil instalação, são os dispositivos de expansão mais utilizados em sistemas de refrigeração de expansão direta. Elas regulam a vazão de refrigerante que chega ao evaporador de modo a manter o sobreaquecimento do vapor que deixa o mesmo. Estas válvulas são constituídas por corpo, mola, diafragma, parafuso de ajuste e bulbo sensível. O bulbo, que contém no seu interior fluido refrigerante saturado do mesmo tipo que o utilizado no circuito, é ligado à parte superior do diafragma por meio de um tubo capilar e deve ser posicionado em contato com a rede de saída do evaporador, bem próximo a este. A saída da válvula é ligada a rede de entrada do evaporador. Existem ainda válvulas de expansão

termostática com equalização interna e equalização externa como representa a figura 8.

Uma válvula de equalização externa possui um tubo de pequeno diâmetro, que interliga a região abaixo do diafragma com a saída do evaporador. Assim a pressão sentida de baixo do diafragma será a mesma sentida à saída do evaporador. As serpentinas de expansão direta, principalmente as alimentadas por distribuidores de líquido, apresentam perda de carga considerável. Portanto, as válvulas de expansão utilizadas com serpentinas de expansão direta são usualmente do tipo equalização externa.

Figura 8: Válvula de expansão termostática com equalização.



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/7310711/>.

2.2.5 Acessórios do circuito de refrigeração

Os acessórios do circuito de refrigeração são elementos essenciais ao funcionamento autônomo de uma instalação frigorífica. Costumam assumir as funções de:

- Variar a quantidade do líquido refrigerante no evaporador de forma a promover a temperatura desejada;
- Ajustar a temperatura do interior do recinto em virtude das variações da temperatura que envolve a câmara;
- Efetuar as paradas e partidas do compressor em função das temperaturas dos recintos a refrigerar e do ambiente exterior que os envolve;

- d) Promover o correto funcionamento das linhas, controlando as pressões dentro dos parâmetros considerados normais;
- e) Regular a humidade no interior da câmara em função dos parâmetros estabelecidos em função dos produtos armazenados;
- f) Promover o bom funcionamento do condensador, mantendo limpas as serpentinas para que haja uma boa transferência de calor, em especial quando o ambiente exterior está à elevada temperatura;
- g) Controlar o funcionamento dos compressores, mantendo o óleo pouco viscoso para que o sistema usufrua de uma lubrificação adequada.
- h) Acionar a partida automática perante uma queda de energia elétrica.

Em sistemas cujo ambiente não pode sofrer flutuações acentuadas de temperatura ou em instalações de média e elevada capacidade, o controlo e regulações de temperatura são normalmente assumidos por termostatos, válvulas elétricas e pressostatos.

Para que os sistemas funcionem corretamente, a carga de refrigerante tem muita importância, não basta o controle de temperaturas e humidade. Isto se verifica em especial nos compressores herméticos onde a quantidade de gás é absolutamente importante para não sobrecarregar o seu funcionamento.

Atualmente os compressores são dotados de sondas térmicas internas que permitem cortar a alimentação elétrica em caso de sobreaquecimento.

Diversos outros acessórios que integram os sistemas de refrigeração também assumem funções importantes, como os indicadores ou visores de líquido; Filtros; Válvulas Elétricas ou Solenóides; Permutadores de Calor; Separador de água e óleo; Depósito de líquido; Reguladores de nível de óleo; Válvulas seccionadas e de segurança; Redes; Acessórios para a tubulação; e outros.

Encontra-se disponível no mercado uma vasta gama de acessórios de cobre, de latão e bronze, que satisfazem todas as necessidades dos técnicos de frio para a execução de qualquer instalação de refrigeração. Os acessórios mais usados para efetuar as ligações dos diversos dispositivos do circuito de refrigeração são as uniões, porcas, joelhos, reduções, sifões e curvas.

3 INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS

3.1 História da refrigeração

A utilização da refrigeração já era do conhecimento humano na época das mais antigas civilizações. Durante séculos, as pessoas têm conhecimento de que a evaporação da água origina o efeito de arrefecimento (DINÇER; IBRAHIM, 2003). A refrigeração antigamente era conseguida por meios naturais, tais como o uso de gelo ou o arrefecimento evaporativo (KHARAGPUR, et al., 2008).

Pode-se citar a civilização chinesa que, muitos séculos antes da era comum, usava o gelo natural (colhido nas superfícies dos rios e lagos congelados) com a finalidade de conservar o chá que consumiam. As civilizações gregas e romanas também aproveitavam o gelo colhido no alto das montanhas, para o preparo de bebidas e alimentos congelados (JUNIOR, 2010).

A civilização egípcia, que devido a sua situação geográfica e ao clima de seu país, não dispunha de gelo natural, refrescava a água por evaporação, usando vasos de barro. O barro, sendo poroso, deixa passar um pouco da água contida no seu interior, a evaporação desta para o ambiente faz baixar a temperatura da água dentro do vaso (KHARAGPUR, et al., 2008).

O gelo era muito desejado na Índia pelo imperador Mogul, sendo conseguido pelo arrefecimento noturno. Em 1806, Frederic Tudor, começou o comércio de gelo cortando-o do rio Hudson e das lagoas de Massachusetts e exportá-lo para vários países, incluindo a Índia. O gelo transportado para a Índia era mais barato do que o gelo lá fabricado pelo processo de arrefecimento noturno.

Esse método de produção de gelo foi cada vez mais aperfeiçoado, sendo muito popular na Índia, mas com baixa rentabilidade. O arrefecimento da água por evaporação praticado no Egito foi adaptado pela Índia para produzir gelo dada a pouca rentabilidade da fabricação por arrefecimento noturno (NEUBERGER, 1930).

Entretanto, o uso do gelo natural trazia consigo uma série de inconvenientes ficava-se na dependência direta da natureza para a obtenção de matéria primordial, isto é, o gelo, que só se formava no inverno e nas regiões de clima bastante frio. O fornecimento era bastante irregular e quando exportado para países quentes, era sujeito a um transporte demorado, no qual a maior parte se perdia por derretimento,

especialmente porque os meios de conservá-lo durante o transporte eram deficientes. Mesmo nos locais onde o gelo se formava naturalmente, isto é, nas zonas frias, o seu armazenamento era bastante crítico sendo apenas possível por períodos de tempo pequenos. Por esse motivo, engenheiros e pesquisadores voltaram-se para o desenvolvimento de meios e processos que permitissem a obtenção artificial de gelo (JUNIOR, 2010).

3.2 Início da refrigeração artificial

A história da refrigeração artificial remota ao ano de 1755, quando o Professor escocês William Cullen fez a primeira máquina de refrigeração, que poderia produzir uma pequena quantidade de gelo em laboratório. Baseado no princípio de funcionamento, os sistemas de refrigeração podem ser classificados como sistemas de compressão de vapor, sistemas de absorção, ciclos de refrigeração a gás, etc. A refrigeração, praticada nos dias de hoje é conseguida por meios artificiais.

O Professor William Cullen, da Universidade de Edinburgh demonstrou isso em 1755, colocando uma pequena porção de água em contato com éter num recipiente fechado reduzindo a pressão utilizando uma bomba de vácuo. A taxa de evaporação do éter aumentou devido à bomba de vácuo, verificando-se a formação de gelo. Este processo envolve dois conceitos termodinâmicos importantes, pressão de vapor e calor latente. Um líquido está em equilíbrio térmico com o seu próprio vapor a uma pressão denominada pressão de vapor que depende apenas da temperatura. O segundo conceito é que a evaporação do líquido requer energia, esta energia é definida como calor latente de evaporação. Se o calor latente é extraído do líquido, o líquido arrefece.

A temperatura do éter permanecerá constante, enquanto a bomba de vácuo manter uma pressão igual à pressão de vapor à temperatura desejada, para isso, é necessária a remoção do vapor formado devido à vaporização. Se uma temperatura mais baixa for desejada, então uma menor pressão de saturação, ou seja, de vapor terá que ser conseguida pela bomba de vácuo. O componente do sistema de refrigeração onde se verifica este fenômeno é denominado de evaporador. A base da refrigeração moderna está na capacidade de líquidos em absorver enormes quantidades de calor e evaporarem.

Para que o arrefecimento seja feito de forma contínua, o vapor deve ser condensado passando do estado gasoso para o estado líquido. O processo de condensação exige a rejeição de calor para o exterior. O vapor pode ser condensado a uma temperatura ambiente, desde que se aumente a sua pressão. O processo de condensação foi desenvolvido na segunda metade do século XVIII. Em 1780, U. F. Clouet e G. Monge condensaram SO_2 , Van Marum e Van Troostwijk condensaram NH_3 em 1787. Para que o processo de condensação se dê a uma temperatura superior a do ambiente é necessário um compressor para elevar a pressão do vapor. Desde Cullen, muitos engenheiros e cientistas criaram uma série de invenções para esclarecer os princípios fundamentais da refrigeração (GOOSMAN, 1924).

Jocab Perkins, em 1834 construiu e patenteou uma máquina de compressão de vapor com um compressor, um condensador, um evaporador e uma válvula entre o condensador e o evaporador (CRITCHELL; RAYMOND, 1912).

A crescente procura ao longo dos 30 anos a partir de 1850 proporcionou grandes realizações criativas e de progresso. Novas substâncias, por exemplo, amoníaco e dióxido de carbono foram usados como fluido refrigerante, sendo mais adequadas do que a água e éter. Estas substâncias foram disponibilizadas por Faraday, Thilorier, entre outros, mostrando que tais substâncias podiam ser condensadas. A base teórica necessária para refrigeração mecânica foi fornecida por Rumford e Davy, que explicou a natureza do calor, e por Kelvin, Joule e Rankine que estavam continuamente a trabalhar na formulação da ciência termodinâmica (TAVARES, 1946). As máquinas de refrigeração aparecem entre 1850 e 1880, e estas podem ser classificadas de acordo com o fluido refrigerante.

Uma das primeiras máquinas de compressão de vapor foi inventada e patenteada pelo professor americano, Alexander C. Twining, em 1853. O engenheiro Americano Alexander Twining (1801–1884) recebeu uma patente britânica em 1850 para um sistema de compressão de vapor através da utilização de éter, NH_3 e CO_2 . Ele estabeleceu uma fábrica de produção de gelo utilizando a compressão de vapor, em Cleveland, Ohio, e podia produzir perto de uma tonelada por dia. Depois disso, uma série de outros inventores utilizaram máquinas de compressão de vapor usando o éter ou os seus compostos (WOOLRICH, 1947).

Na França, Carre desenvolveu e instalou uma máquina de compressão de éter e Charles Tellier (que foi um pioneiro versátil de refrigeração mecânica) construiu uma planta usando éter metílico como fluido refrigerante. Na Alemanha,

Carl Linde, financiado por fabricantes de cerveja, projetou uma unidade de éter metílico, em 1874. Pouco antes disso, Linde tinha preparado o caminho para grandes melhorias no equipamento de refrigeração, demonstrando como a sua eficiência termodinâmica poderia ser calculada e aumentada (GOOSMAN, 1924).

O amoníaco também foi explorado pelos inventores de máquinas de compressão como fluido refrigerante, que foi amplamente utilizado por longos anos. Na década de 1860, Tellier desenvolveu uma máquina de compressão de amoníaco. No entanto, a figura mais importante no desenvolvimento de máquinas de compressão de amoníaco foi Linde. Mais tarde, o modelo de Linde tornou-se muito popular e foi considerado excelente nos seus detalhes mecânicos (AWBERRY, 1942). O uso de amoníaco nas máquinas de refrigeração de compressão foi um passo significativo. Além da sua vantagem termodinâmica, as pressões que exigia eram fáceis de produzir, e as máquinas utilizadas eram de pequeno porte. Na década de 1860, P.H. Van der Weyde da Filadélfia tem uma patente para uma unidade de compressão que contou com um refrigerante composto por produtos petrolíferos (GOOSMAN, 1924).

Em 1875, Pictet RP da Universidade de Genebra, introduziu uma máquina de compressão que usou o ácido sulfúrico. Em 1866, T.S.C. Lowe, um americano, desenvolveu um equipamento de refrigeração que usava dióxido de carbono. As máquinas de compressão de dióxido de carbono tornaram-se importantes, porque o gás era utilizado em instalações onde a segurança era a principal preocupação, embora elas não tenham sido usadas extensivamente até a década de 1890 (AWBERRY, 1942).

Em 1890, a refrigeração artificial provou ser prática e econômica para a indústria de refrigeração de alimentos. Os europeus forneceram a grande base teórica para o desenvolvimento da refrigeração, mas os americanos participaram energeticamente na atividade de aperfeiçoamento e na inovação que se sentiu entre 1850 a 1880. Após 1890, houve um progresso técnico constante no campo da refrigeração. As mudanças revolucionárias não eram uma opção, no entanto, muitas melhorias foram feitas em vários países para a concepção e construção de unidades de refrigeração, bem como nos seus componentes essenciais.

3.3 Classificação por aplicações

3.3.1 Refrigeração doméstica

É de uma extensão limitada, abrangendo principalmente a fabricação de refrigeradores de uso doméstico e congeladores caseiros. Contudo, como o número de unidades em serviço é muito grande, a refrigeração doméstica representa uma parte importante da indústria de refrigeração.

As unidades domésticas são geralmente pequenas em tamanho, tendo potências nominais entre 1/20 e 1/2 CV, e são do tipo fechado hermeticamente.

3.3.2 Refrigeração comercial

A refrigeração comercial abrange projeto, instalação e manutenção de instalações refrigeradas do tipo usado pelas lojas de varejo, restaurantes, hotéis e locais de armazenamento, exposição, beneficiamento e distribuição de mercadorias perecíveis de todos os tipos.

3.3.3 Refrigeração industrial

É muitas vezes confundida com a refrigeração comercial, porque a divisão entre estas duas áreas não é definida claramente. Como uma regra geral, as aplicações industriais são maiores que as comerciais em tamanho e tem a característica marcante que requererem um operador de serviço, geralmente um engenheiro de operação diplomado. As aplicações típicas industriais são fábricas de gelo, grandes instalações de empacotamento de gêneros alimentícios (carne, peixe, aves, alimentos congelados, etc.), cervejarias, fábricas de laticínios e instalações industriais, como refinarias de óleos, fábricas de produtos químicos, fábricas de borrachas, etc.

3.3.4 Refrigeração marítima e de transporte

A refrigeração marítima refere-se à refrigeração a bordo de embarcações marítimas e inclui, por exemplo, refrigeração para barcos de pesca e para

embarcações de transporte de carga perecível, para os navios de armazenamento, para embarcações de todos os tipos e plataformas. Nosso trabalho é focado nesse tipo de aplicação com ênfase em navios mercantes.

A refrigeração de transporte relaciona-se com equipamentos de refrigeração quando é aplicada a caminhões, tanto para transportes a longa distância como para entregas locais, no transporte de containers refrigerados e a vagões ferroviários refrigerados.

4 DEFINIÇÕES

4.1 Condicionamento de ar

Diz respeito à condição do ar em algum espaço ou área designada. Isto geralmente envolve controle não somente da temperatura do espaço, mas também da umidade do espaço e do movimento do ar ao longo de sua filtragem e purificação. As aplicações de condicionamento de ar são de dois tipos, tanto para o conforto como industrial, de acordo com seu objetivo. Qualquer condicionamento de ar que tenha como sua principal função o condicionamento de ar para o conforto humano é chamado condicionamento de ar de conforto. A instalação típica de condicionamento de ar de conforto encontra-se nas casas, escolas, escritórios, igrejas, hotéis, lojas de varejo, edifícios públicos, fábricas, automóveis, ônibus, trens, aviões, navios, etc.

Por outro lado, qualquer condicionamento de ar que não tenha como seu objetivo principal o condicionamento de ar para o conforto humano, é chamado condicionamento de ar industrial. Isto não quer dizer, necessariamente, que o sistema de condicionamento de ar industrial não sirva também para o conforto, coincidentemente com sua primeira função. Muitas vezes isto acontece, porém, nem sempre.

As aplicações de condicionamento de ar industrial quase não têm limite tanto em número como em variedade. Falando de um modo geral, as funções do sistema de condicionamento de ar industrial são: controlar o teor de umidade de materiais higroscópios, controlar a taxa de reações químicas e bioquímicas; limitar as variações de tamanho dos artigos de precisão manufaturados, por causa da contração e expansão térmicas; e garantir pureza, ar filtrado que muitas vezes é essencial para um funcionamento sem enguiços e para a produção de produtos de qualidade.

4.2 Conservação de gêneros alimentícios

Os gêneros alimentícios devem ser guardados numa condição de conserva durante o transporte e subsequentemente armazenados até que sejam finalmente

consumidos. Isto pode levar horas, dias, semanas, meses ou mesmo anos em alguns casos. Do mesmo modo, muitos produtos, principalmente frutas e vegetais, são de estação, uma vez que são produzidos somente durante certas estações do ano, esses produtos devem ser armazenados e conservados para poderem ser acessíveis durante todo o ano.

Como assunto de vida ou morte, a conservação de gêneros alimentícios foi durante muito tempo um de nossos problemas mais urgentes. Quase desde o princípio de nossa existência sobre a terra, tomou-se necessário para nós encontrar meios de conservação dos alimentos durante as estações de abundância a fim de viver durante as estações de escassez. Seria, portanto natural, que o homem descobrisse e desenvolvesse métodos de preservação de alimentos tais como secagem, defumação, lavagem e salgamento, muito tempo antes que ele tivesse algum conhecimento das causas de deterioração dos alimentos.

Estes métodos bastantes primitivos são ainda muito usados atualmente, não só em sociedades atrasadas, onde outros meios não são acessíveis, mas também na maioria das sociedades modernas onde servem para suplementar os métodos mais modernos de conservação de alimentos. Por exemplo, milhões de quilos de frutas, ovos, peixe, carne, batatas, etc. desidratados (secos), são consumidos por ano, junto com grandes quantidades de produtos defumados, lavados e salgados, assim como, presunto, toucinho e salsichas, para enumerar somente uma parte. Porém, embora estes métodos antigos sejam inteiramente adequados para a conservação de certos tipos de alimentos, e muitas vezes, ocasionem produtos raros e saborosos que de outra maneira não poderiam ser conseguidos, apresentam, não obstante, desvantagens inerentes que limitam sua utilidade.

Uma vez que por sua própria natureza apresentam em princípio mudanças rigorosas na aparência e sabor, que em muitos casos são motivo de objeção, não são universalmente adaptáveis para a conservação de todos os tipos de produtos alimentícios. Além disso, as qualidades de conservação de alimentos em conserva por tais métodos são limitadas conforme o tempo. Quando um produto deve ser conservado indefinidamente ou por um longo período de tempo, geralmente devem ser usados outros meios de conservação.

A invenção do microscópio e a subsequente descoberta dos microrganismos como a maior causa da deterioração de alimentos motivaram o desenvolvimento de enlatamento de conservas na França, durante o período de Napoleão. Com a

invenção da conserva em lata, os homens acharam um modo de conservar os alimentos de todas as qualidades em grandes quantidades por períodos de tempo indefinido. Os alimentos enlatados têm a vantagem de serem quase inteiramente imperecíveis facilmente fabricados e convenientes para manejar e armazenar. Atualmente há mais alimento conservado por enlatamento que por todos os outros métodos combinados. A única grande desvantagem de enlatamento é que os alimentos enlatados devem ser esterilizados a calor, o que frequentemente resulta em cozimento. Em consequência disto, mesmo que os alimentos enlatados tenham muitas vezes sua própria fragrância deliciosa e distinta, diferem, em geral, muito dos produtos frescos originais.

O único meio de conservação de alimentos no seu estado fresco original é pela refrigeração. Esta, naturalmente, é a principal vantagem que a refrigeração tem sobre os outros métodos de conservação de alimentos. Porém, a refrigeração também tem suas desvantagens. Por exemplo, quando o alimento é conservado por refrigeração, o processo de refrigeração deve começar muito cedo, após a colheita ou matança, e deve ser contínuo até que o alimento seja finalmente consumido. Uma vez que isto requer equipamento relativamente dispendioso e volumoso, é muitas vezes inconveniente e não econômico.

Obviamente, então, não há nenhum método de conservação de alimentos que seja o melhor em todos os casos e o método particular usado em qualquer caso dependerá de um número de fatores, conforme o tipo do produto, o espaço de tempo em que o produto deve ser conservado, a finalidade a que o produto se destina, e a eficácia do equipamento de transporte e armazenamento. Muitas vezes é necessário empregar diversos métodos simultaneamente a fim de obter os resultados desejados.

4.3 Enzimas

Enzimas é um grupo de substâncias orgânicas de natureza proteica funcionando como agentes químicos catalíticos capazes de efetuar mudanças químicas em substâncias orgânicas. Há diferentes qualidades de enzimas e cada uma é especializada porque produz somente uma reação química diferente específica. Em geral, as enzimas são identificadas ou pela substância sobre a qual elas agem, ou pelo resultado de sua ação. Por exemplo, a enzima

lactase é conhecida por esse nome porque ela transforma a lactose (açúcar de leite) em ácido láctico. Este processo singular é chamado fermentação do ácido láctico e é o principal responsável por "azedar" o leite. As enzimas associadas aos vários tipos de fermentação são algumas vezes chamadas fermentos.

Essenciais na química de todos os processos vivos, normalmente as enzimas estão presentes em todas as substâncias orgânicas (o tecido celular de todas as plantas e animais, tanto vivos como mortos). Elas são fabricadas por todas as células vivas para ajudar a sustentar as várias atividades vivas da célula, tais como respiração, digestão, crescimento e reprodução, e elas desempenham um papel importante em coisas como a germinação das sementes, o crescimento das plantas e animais, a maturação da fruta, e os processos digestivos dos animais, incluindo o homem. Contudo, as enzimas são tanto metabólicas como anabólicas. Isto é, elas agem tanto para destruir o tecido morto da célula como para manter o tecido vivo da célula. De fato, as enzimas são os principais agentes responsáveis pela desintegração e decomposição das substâncias orgânicas, como, por exemplo, a putrefação de carne e peixes e o apodrecimento de frutas e vegetais.

Mesmo que sua ação seja metabólica ou anabólica, as enzimas são quase destrutivas para alimentos perecíveis. Portanto, exceto em alguns casos especiais onde a fermentação e a putrefação são uma parte do processo, a ação enzimática deve ser ou eliminada inteiramente ou severamente impossibilitada se o produto precisa ser conservado em boa condição. Felizmente, as enzimas são sensíveis às condições do meio ambiente, principalmente com relação à temperatura e ao grau de acidez e alcalinidade, o que constitui um meio prático de controle da atividade enzimática.

As enzimas são completamente destruídas por temperaturas elevadas que alteram a composição da substância orgânica na qual elas existem. Dado que a maior parte das enzimas é eliminada a temperaturas acima de 160 °F, cozinhar uma substância alimentar destrói as enzimas nela contidas. Por outro lado, as enzimas são muito resistentes a temperaturas baixas e sua atividade pode continuar em uma taxa lenta mesmo a temperaturas abaixo de 0 °F. Contudo, é um fato bem conhecido que a taxa de reação química diminui quando a temperatura diminui. Por isso, mesmo que não seja destruída, sua atividade é muito reduzida a temperaturas baixas, principalmente temperaturas abaixo do ponto de congelamento da água.

A ação enzimática é maior na presença de oxigênio livre (como no ar), e é reduzida quando o abastecimento de oxigênio diminui. Com referência ao grau de acidez e alcalinidade, algumas enzimas requerem ambientes ácidos, enquanto que outras preferem ambientes neutros ou alcalinos. Aquelas que requerem acidez são destruídas pela alcalinidade e as que requerem alcalinidade são igualmente destruídas pela acidez.

Embora uma substância orgânica possa ser completamente destruída e decomposta unicamente pela ação de suas próprias enzimas naturais, um processo conhecido como autólise (destruição própria), isto raramente ocorre. Muito frequentemente, as enzimas naturais são auxiliadas em sua ação destrutivas por enzimas segregadas por microrganismos.

4.4 Microorganismos

São seres vivos microscópicos nos seus mais variados aspectos como morfologia, fisiologia, reprodução, genética, taxonomia e também interação com outros seres e o meio ambiente dos quais somente os três seguintes são de particular interesse no estudo da conservação de alimentos: bactérias, fermento e fungos. Estes pequenos organismos são encontrados em grande número por toda a parte no ar, na terra, na água, dentro e sobre os corpos de plantas e animais, e em qualquer outro lugar onde as condições sejam tais que os organismos vivos possam sobreviver.

Por causa das enzimas segregadas que atacam as substâncias orgânicas em que se desenvolvem, os microrganismos são agentes de fermentação, putrefação e degeneração. Deste modo, eles são tanto benéficos como prejudiciais para os seres humanos. Seu crescimento dentro e sobre a superfície de alimentos perecíveis causa uma mudança química complexa na substância alimentar o que geralmente resulta em alterações indesejáveis no sabor, odor e aparência do alimento e que, se continuar por um espaço de tempo, tornará este impróprio para o consumo. Alguns microrganismos segregam também, as substâncias venenosas (toxinas) que são extremamente perigosas à saúde, causando envenenamento, doenças, e muitas vezes a morte.

Por outro lado, os microrganismos têm muitas funções úteis e necessárias. De fato, se não fosse pela ação dos microrganismos, não seria possível qualquer

tipo de vida. Dado que a degeneração e decomposição de tecido animal morto é essencial para produzir espaço aproveitável para nova vida e crescimento, a ação degenerante dos microrganismos é indispensável para o ciclo de vida. De todos os seres vivos, somente as plantas, podem usar substâncias orgânicas como alimento para fabricar seu tecido celular. Através de um processo chamado fotossíntese, as plantas verdes são capazes de utilizar a energia irradiante do Sol para combinar dióxido de carbono do ar com água e sais minerais do solo e, deste modo, fabricar de substâncias inorgânicas, as composições orgânicas que compõem seu tecido celular.

Contrariamente, todos os animais e fungos, requerem substâncias orgânicas (aquelas que contêm carbono) como alimento para continuarem suas atividades vivas. Em consequência, eles têm necessidade de se alimentar com o tecido celular de outras plantas e animais (tanto vivas como mortas) e dependem, portanto, tanto direta como indiretamente, de plantas como uma fonte das substâncias orgânicas que eles necessitam para a vida e crescimento. É evidente então, que se o suprimento de substâncias inorgânicas do solo, que servem como alimento para as plantas alguma vez se esgotasse, toda a vida logo desapareceria da terra. Não é provável que isto aconteça, contudo, uma vez que os microrganismos, como uma parte de seu processo de vida própria, estão continuamente provendo o abastecimento de substâncias inorgânicas ao solo.

Com a exceção de poucos tipos de bactérias que se desenvolvem no solo, todos os microrganismos precisam substâncias orgânicas como alimento para sustentar os processos vivos. Na maioria dos casos, eles obtêm este material pela decomposição de restos animais e do tecido de animais e plantas mortas. No processo de decomposição, os componentes orgânicos complexos que formam o tecido de animais e plantas são utilizados passo a passo e eventualmente são reduzidos a simples substâncias inorgânicas que retornaram para o solo para serem usados como alimento pelas plantas.

Em adição ao importante papel que eles representam na "cadeia de alimentos" ajudando a manter as substâncias essenciais em circulação, os microrganismos são necessários na fabricação de certos alimentos fermentados e outros gêneros de primeira necessidade. Por exemplo, as bactérias são responsáveis pela fermentação do ácido láctico requerido na fabricação de pickles, azeitonas, cacau, café, ensilagem e certa classe de produtos de leite, tais como,

manteiga, queijo, manteiga de leite e iogurte, e para a fermentação do ácido acético necessário na produção de vinagre de álcoois variados. O fermento, devido à sua capacidade em produzir fermentação alcoólica é de grande valor para as indústrias de cerveja e de vinho e para a produção de todo o tipo de álcoois. Todos sabem também, da importância do fermento na indústria panificadora.

Apesar de suas variadas funções úteis e necessárias, o fato é que os microrganismos são destrutivos para os alimentos perecíveis. Por isso, sua atividade, como a das enzimas naturais, deve ser bem controlada se pretender evitar a deterioração e putrefação das substâncias alimentares.

4.5 Bactérias

É uma forma muito simples de cultura, sendo formadas de uma célula viva simples. A reprodução é efetuada por divisão celular. Quando atingem a maturidade, as bactérias se dividem em duas células separadas e iguais, cada uma das quais por sua vez se desenvolve até atingir a maturidade e se divide em duas células. As bactérias crescem e se reproduzem numa proporção muito grande. Em condições ideais, uma bactéria pode se desenvolver até atingir a maturidade e reproduzir-se num espaço de tempo de 20 a 30 min. Nesta proporção, uma bactéria simples é capaz de produzir um tanto de 34 trilhões de descendentes num período de 24 horas. Felizmente, contudo, o ciclo de vida das bactérias é relativamente curto, sendo uma questão de minutos ou horas, por isso, mesmo em condições ideais, elas não podem se multiplicar nesta proporção.

A proporção à qual as bactérias e outros microrganismos crescem e se reproduzem, depende de certas condições que os cercam, tais como temperatura, luz e o grau de acidez e alcalinidade, da existência ou não de oxigênio, umidade, e de um suprimento adequado de alimento solúvel. Contudo, há muitas espécies de bactérias e elas diferem grandemente tanto em sua escolha de ambiente, quanto no efeito que elas têm sobre seu ambiente. Como as formas mais elevadas de cultura, todas as espécies de bactérias não são igualmente fortes para sobreviver em condições de ambiente adversas, nem se comportam igualmente sob as mesmas condições de ambiente.

Algumas espécies preferem condições que são totalmente fatais para as outras. Igualmente, há algumas bactérias que formam germes. O germe é formado

dentro de suas células e protegido por uma forte cobertura ou parede. Na fase de germe que é realmente uma fase de repouso ou inércia do organismo, as bactérias são extremamente resistentes às condições desfavoráveis do ambiente e podem sobreviver neste estado quase que indefinidamente. O germe geralmente germinará todas as vezes que as condições se tornarem favoráveis para que o organismo sustente sua atividade de vida.

Algumas espécies preferem condições que são totalmente fatais para as outras. Igualmente, há algumas bactérias que formam germes. O germe é formado dentro de suas células e necessitam uma "vida de hospede". A maioria das bactérias patogênicas (aquelas que causam infecção e doença) é do tipo parasítico. Na ausência de um hospedeiro ativo, algumas bactérias parasíticas podem viver como saprófitas. Do mesmo modo, algumas saprófitas podem viver como parasitas quando há necessidade.

Dado que as bactérias não podem digerir substâncias alimentares insolúveis, elas necessitam alimentos em forma solúvel. Por esta razão, a maioria das bactérias segrega enzimas capazes de transformar compostos insolúveis ao estado solúvel, e deste modo tornando estes materiais aproveitáveis como alimento para as mesmas. A deterioração dos alimentos perecíveis pelo desenvolvimento de bactérias é um resultado direto da ação destas enzimas bacterianas.

As bactérias, como todas as outras substâncias vivas, necessitam de umidade, assim como alimento para sustentar suas atividades vivas. Como as outras substâncias vivas, as bactérias variam consideravelmente em sua capacidade de resistência à sede. Embora muitas espécies sejam prontamente destruídas pela secura e sucumbam em poucas horas, as espécies mais fortes tem capacidade para resistir à sede por diversos dias. Os germes das bactérias podem resistir à sede quase indefinidamente, mas permanecerão inertes na ausência de umidade.

Na sua necessidade de oxigênio, as bactérias dividem-se em dois grupos: aquelas que têm necessidade de oxigênio livre (bactérias aeróbicas) e aquelas que podem existir sem oxigênio livre (bactérias anaeróbicas). Algumas espécies, embora tendo uma preferência por uma condição ou outra, podem viver tanto com oxigênio livre como sem ele. Este tipo de bactérias obtém o oxigênio necessário através de reações químicas que reduzem um componente enquanto oxidam outro. A decomposição que ocorre na presença do oxigênio livre é conhecida como decadência, enquanto que a decomposição que acontece na ausência de oxigênio

livre é chamada putrefação. Um dos produtos de putrefação é o ácido sulfídrico, um gás de cheiro forte e que se sente frequentemente emanando das carcaças de animais em decomposição.

As bactérias são muito sensíveis à acidez e alcalinidade e não podem sobreviver nem em ambientes muito ácidos nem muito alcalinos. A maioria das bactérias necessita de ambientes tanto neutros como ligeiramente alcalinos, ainda que algumas espécies prefiram condições ligeiramente ácidas. Como as bactérias preferem ambiente neutro ou ligeiramente alcalino, os vegetais não ácidos são especialmente sujeitos ao seu ataque.

A luz, principalmente a luz direta do sol, é prejudicial para todas as bactérias, enquanto que a luz visível somente dificulta seu desenvolvimento, a luz ultravioleta é realmente fatal para as bactérias. Dado que os raios de luz, ultravioleta ou qualquer outro, não têm poder de penetração, eles são eficazes somente no controle das bactérias superficiais. Contudo, a irradiação ultravioleta (usualmente da luz direta do sol), quando combinada com a secagem, é um meio excelente de controle do desenvolvimento das bactérias.

Para cada tipo de bactérias há uma temperatura ótima, na qual elas se desenvolverão numa taxa mais elevada. Também, para cada tipo, há uma temperatura máxima e mínima que permite o desenvolvimento. As temperaturas acima da máxima, as bactérias são destruídas. As temperaturas abaixo da mínima, as bactérias mostram-se inativas ou inertes. A melhor temperatura para a maioria das Saprófitas geralmente é 75 °F e 85 °F, enquanto que para as parasitas a melhor temperatura é cerca de 100 °F. Algumas espécies desenvolvem-se melhor a temperaturas próximas do ponto de ebulição da água, enquanto que outros poucos tipos, se desenvolvem melhor a temperaturas próximas ao ponto de congelamento. Contudo, a maioria das espécies morre ou não consegue suportar estas temperaturas.

4.6 Apodrecimento e deterioração

Deve ser reconhecido em princípio, que há graus de qualidade e que todos os alimentos perecíveis passam por vários estágios de deterioração antes de se tornarem impróprios para o consumo. Na maior parte dos casos, o objetivo da conservação dos alimentos não é somente conservar os gêneros de primeira

necessidade numa condição comestível, mas também conservá-los o mais possível no ponto exato de suas qualidades com respeito à aparência, odor, sabor e teor vitamínico. Exceto para alguns alimentos em conserva, isto geralmente significa manter os gêneros de primeira necessidade o mais semelhantes possível de seu estado fresco original.

Qualquer deterioração suficiente para causar uma mudança determinada na aparência, odor ou sabor de alimentos frescos diminui imediatamente o valor comercial do produto e, deste modo, representa uma perda econômica. Consideremos por exemplo, vegetais murchos e frutas muito maduras. Embora sua comestibilidade seja pouco prejudicada, acontece uma mudança indesejável em sua aparência, que geralmente requer que eles sejam vendidos a um preço reduzido. Também, uma vez que estão no caminho para o apodrecimento eventual, suas qualidades de conservação são muito reduzidas e eles devem ser consumidos ou conservados imediatamente ou tornará uma perda total.

Por razões óbvias, a manutenção do teor em vitaminas ao nível mais elevado possível é sempre um fator importante na produção e/ou conservação de todos os produtos alimentícios. De fato, muitas fábricas de alimentos tais como panificadoras e laticínios, estão agora adicionando vitaminas aos seus produtos, para repor o que foi perdido durante o processamento. Vegetais frescos, frutas e sucos de frutas são alguns dos produtos alimentícios que sofrem perdas consideráveis no teor vitamínico se não forem manejados e protegidos apropriadamente. Embora a perda no teor vitamínico não seja aparente por si mesma, em muitos alimentos frescos, é geralmente acompanhada por mudanças reconhecíveis na aparência, odor ou gosto, assim como, por exemplo, vegetais verdes com folhas murchas.

Na maior parte das vezes, a deterioração e eventual apodrecimento de alimentos perecíveis, são provocados por uma série de mudanças químicas complexas que acontecem nos gêneros de primeira necessidade depois da colheita ou matança. Estas mudanças químicas são efetuadas tanto por agentes internos como externos. Os primeiros são as enzimas naturais que são inerentes a todas as matérias orgânicas, enquanto que os últimos são microrganismos que se desenvolvem dentro e sobre a superfície dos gêneros. Embora qualquer dos agentes sozinho seja capaz de executar a destruição total de um produto alimentício, ambos os agentes estão envolvidos na maioria dos casos de apodrecimento de alimentos.

Em qualquer circunstância, a atividade destes dois agentes de putrefação deve ser eliminada ou controlada efetivamente.

4.7 Fermentos

Os fermentos biológicos fazem parte da família dos fungos. De tamanho microscópico, as células dos fermentos são um tanto maiores e mais complexas que as células das bactérias. Embora alguns dos fermentos se reproduzam por fissão ou por processo sexual, a reprodução é usualmente por germinação, começando como uma pequena protrusão na célula madura, o germe aumenta e finalmente separa-se da célula mãe. Em condições ideais, a germinação é tão rápida que são formados novos brotos antes que ocorra a separação, de modo que são formados cachos de fermento.

Como as bactérias, os fermentos são agentes de fermentação e decomposição. Eles segregam enzimas que provocam mudanças químicas nos alimentos, sobre os quais se desenvolvem. Os fermentos são conhecidos por sua capacidade em transformar açúcar em álcool e dióxido de carbono. Embora sendo destrutivos para alimentos frescos, principalmente frutas, a fermentação alcoólica produzida pelos fermentos é essencial para as indústrias panificadoras, cervejeiras e de fabricação de vinhos.

Os fermentos são formadores de germes, com oito germes sendo formados dentro de uma única célula de fermento. Os fermentos estão largamente espalhados na natureza e os germes de fermento são encontrados invariavelmente no ar e na polpa de frutas, com os quais eles têm uma afinidade particular. Usualmente, eles passam o inverno no solo e são carregados para as frutas novas, na primavera, por insetos ou pelo vento.

Como as bactérias, os fermentos necessitam de ar, alimento e umidade para desenvolverem, e são sensíveis à temperatura e ao grau de acidez e alcalinidade do ambiente. Os fermentos, na sua maioria, preferem temperaturas moderadas, e ligeira acidez. Em geral, os fermentos não são tão resistentes a condições desfavoráveis como as bactérias, embora possam se desenvolver em ambientes ácidos que matam a maior parte das bactérias. Os germes de fermento, do mesmo modo que os das bactérias são muito resistentes e podem sobreviver por longos períodos em condições adversas.

4.8 Fungos

Os fungos são ubíquos, encontrando-se em vegetais, em animais, no homem, me detritos e em abundancia no solo. Enquanto que as bactérias individuais ou o fermento são compostos por uma célula simples, um fungo é formado de um número de células que estão dispostas, extremidade com extremidade, para formar fibras longas ramificadas e em forma enroscada, chamadas hifa. A rede que é formada por uma massa destas fibras enroscadas é chamada micélio e é facilmente visível a olho nu. As hifas do fungo são de dois tipos gerais. Algumas crescem sob a superfície e atuam como raízes para recolher alimento para a planta, enquanto que outras, chamadas hifas aéreas, crescem sobre a superfície e produzem as substâncias frutíferas.

Os germes de fungo em condições apropriadas irão germinar e provocar o desenvolvimento de fungos sobre qualquer substância alimentar com a qual tenham contato. Dado que são transportados ao redor por correntes de ar, os germes de fungo são encontrados quase que em toda a parte e são particularmente abundantes no ar.

Embora os fungos sejam menos resistentes a temperaturas elevadas, do que as bactérias, eles são mais tolerantes a baixas temperaturas, desenvolvendo-se livremente a temperaturas próximas ao ponto de congelamento da água. O desenvolvimento dos fungos é impossibilitado a temperaturas abaixo de 32 °F, mais pela falta de umidade livre do que pelo efeito da temperatura baixa. Todo o desenvolvimento dos fungos cessa a temperaturas de 10 °F e inferiores.

Os fungos crescem no escuro, em ambientes úmidos, particularmente no ar parado. Para o desenvolvimento dos fungos, é essencial um grande suprimento de oxigênio, embora algumas espécies possam crescer com a ausência deste. As condições interiores de câmaras frias são muitas vezes ideais para o desenvolvimento dos fungos, especialmente no inverno. Este problema pode ser um pouco superado mantendo-se boa circulação de ar na câmara de depósito, pelo uso de pinturas germicidas e irradiação ultravioleta, e por purificação frequente.

4.9 Agentes de putrefação

O controle dos vários tipos de agentes de putrefação no ambiente garantem os únicos meios de controle destas condições. Todos os métodos de conservação de alimentos necessitam envolver a manipulação do ambiente dentro e ao redor dos produtos conservados a fim de produzir uma ou mais condições desfavoráveis para a atividade contínua dos agentes de putrefação. Quando o produto deve ser conservado por um espaço de tempo determinado, as condições desfavoráveis produzidas devem ser fortes, o suficiente para eliminar inteiramente os agentes de putrefação ou ao menos torná-los nulos ou inertes.

Todos os tipos de agentes de putrefação são destruídos quando submetidos a temperaturas elevadas durante certo tempo, este princípio é usado na conservação de alimentos em conserva. A temperatura do produto é elevada a um nível fatal para todos os agentes de putrefação e é mantida neste nível até que eles sejam todos destruídos. O produto então é fechado em recipientes herméticos e esterilizado para evitar a recontaminação. O produto fabricado permanecerá indefinidamente em estado de conservação.

O tempo de exposição para a destruição de todos os agentes de putrefação depende do nível da temperatura. Quanto mais alto o nível da temperatura, menor será o período de exposição. Com este objetivo, o calor úmido é mais eficiente do que o calor seco por causa de seu maior poder de penetração. Quando é usado calor úmido, o nível de temperatura é mais baixo e o período de processamento é mais curto. As enzimas e todos os microrganismos vivos são destruídos quando expostos à temperatura da água em ebulição (fervente), por aproximadamente cinco minutos, mas os germes bacterianos mais resistentes podem sobreviver nesta condição por muitas horas. Por esta razão, alguns produtos alimentícios, principalmente carnes e vegetais não ácidos, requerem longos períodos de processamento que frequentemente provocam um cozimento excessivo do produto.

Outro método de eliminar a atividade dos agentes de putrefação é privá-los da umidade e/ou de alimentos que são necessários para sua atividade contínua. Tanto as enzimas como os microrganismos requerem umidade para continuar suas atividades. Por isso, a eliminação da umidade livre de um produto limitará fortemente suas atividades. O processo de eliminação de umidade é chamado secagem

(desidratação), e é um dos métodos mais antigos de conservação de alimentos. A secagem é realizada naturalmente pelo sol e pelo ar, ou artificialmente em fornos.

A desoxidação é um processo essencialmente de fermentação, e a conclusão resultante deste é o esgotamento das substâncias que servem de alimento para os fermentos e bactérias. O produto a ser conservado por desoxidação é imerso numa solução de água salgada ocorrendo assim à fermentação, durante a qual, o açúcar contido no produto alimentício é transformado em ácido láctico.

Alguns produtos são tratados com açúcar ou sal, que atuam como agentes conservadores, uma vez que eles criam condições desfavoráveis à atividade dos agentes de putrefação. Outros agentes conservadores frequentemente usados são vinagre, bórax, salitre, benzoato de sódio, entre outras.

4.10 Conservação por refrigeração

A conservação destes produtos envolve o uso de temperatura baixa como o meio de eliminar ou retardar a atividade dos agentes de putrefação. Embora as temperaturas baixas não sejam tão eficazes para efetuar a destruição dos agentes de putrefação como as temperaturas elevadas, a armazenagem de substâncias perecíveis a temperaturas baixas reduz grandemente a atividade tanto das enzimas como dos microrganismos e, portanto, assegura um meio prático de conservar essa substância no seu estado fresco original por um período variado de tempo. O grau de baixa temperatura requerida para uma conservação adequada varia com o tipo de produto e com o espaço de tempo que ele será armazenado.

Para fins de conservação, os produtos alimentícios podem ser agrupados em duas categorias: aqueles que ficam vivos durante o período de distribuição e armazenamento e aqueles que não ficam. As substâncias alimentícias sem vida tais como carne, aves domésticas e peixe, são muito mais suscetíveis à contaminação microbiana e putrefação do que as substâncias alimentícias vivas, e em geral necessitam métodos de conservação mais eficazes.

Com as substâncias alimentícias sem vida, o problema de conservação é a proteção dos tecidos mortos de todas as forças de putrefação e deterioração, tanto enzimáticas como microbianas. No caso das substâncias alimentícias vivas, como frutas e vegetais, o próprio fato da vida proporciona considerável proteção contra a invasão microbiana, e o problema de conservação é principalmente manter as substâncias

alimentícias vivas e ao mesmo tempo retardar a ação enzimática natural a fim de reduzir a taxa de amadurecimento ou maturação.

Os vegetais e as frutas estão tão vivos depois da colheita como durante o período de crescimento. Antes da colheita eles recebem um suprimento de substâncias alimentícias da planta em crescimento, parte do qual é armazenado nos vegetais e nas frutas. Depois da colheita, quando eles não têm mais seu suprimento de alimento, o processo de vida continua através da utilização das substâncias alimentícias previamente armazenadas. Isto faz com que os vegetais ou as frutas, sofram mudanças que, eventualmente, poderão resultar em deterioração e decomposição completa do produto. O principal propósito em colocar tais produtos em refrigeração é retardar o processo de vida, retardando a atividade enzimática, e mantendo assim o produto numa condição de conservação por um período maior.

A oxidação e a hidrólise são controladas colocando-se o produto em refrigeração de modo que a atividade das enzimas naturais seja reduzida. A taxa de oxidação pode ser reduzida, no caso de produtos animais, acondicionando-se os produtos em recipientes vedados e à prova de gás, que evitem que o ar (oxigênio) alcance a superfície do produto. O acondicionamento de frutas e vegetais em recipientes à prova de gás, quando armazenados em estado não congelado, não é prático. Quando estes produtos estão vivos, o acondicionamento em recipientes à prova de gás causará sufocação e morte. Uma fruta ou um vegetal morto estragam muito rapidamente.

Como uma regra geral, quanto mais baixa for a temperatura da armazenagem, mais longa será a duração do armazenamento do produto.

4.11 Armazenagem refrigerada

Pode ser dividida em três categorias gerais: armazenagem temporária ou de curto prazo, armazenagem de longo prazo, e armazenagem congelada. Para armazenagem de curto e de longo prazo, o produto é refrigerado e armazenado a alguma temperatura acima de seu ponto de congelamento, enquanto que a armazenagem congelada requer o congelamento do produto e uma armazenagem a alguma temperatura entre 10°F e -10°F. Sendo 0°F a temperatura empregada com mais frequência.

A armazenagem de curto prazo ou temporária, geralmente é associada a estabelecimentos varejistas, onde a venda do produto normalmente é esperada. Dependendo do produto, os períodos de armazenagem de curto prazo estendem-se de 1 a 2 dias e em alguns casos há uma semana ou mais em outros, raramente por mais de 15 dias.

A armazenagem de longo prazo geralmente é executada por depósitos de armazenamento por atacado ou comerciais. Novamente, o período de armazenagem depende do tipo do produto armazenado e da condição do produto que entra na armazenagem. O período máximo de armazenagem de longo prazo estende-se de sete a dez dias para alguns produtos sensíveis, e cerca de seis a oito meses para os produtos de maior duração. Quando os alimentos perecíveis precisam ser armazenados por períodos mais longos, eles devem ser congelados e guardados em congeladores. Contudo, alguns alimentos frescos como tomates, são prejudicados pelo processo de congelamento e, portanto, não podem ser congelados com sucesso.

4.12 Umidade e movimento do ar

O armazenamento de todos os perecíveis no seu estado natural (sem embalagem) requer forte controle não somente da temperatura ambiente, mas também da umidade e do movimento do ar no espaço. Uma das principais causas da deterioração de alimentos frescos não embalados, como carne, aves, peixes, frutas, vegetais, queijos e ovos, é a perda de umidade da superfície do produto por evaporação no ar ambiente. Este processo é conhecido como dessecação ou desidratação. Nas frutas e nos vegetais, a dessecação é acompanhada por murchamento e secamento e o produto sofre uma perda considerável tanto em peso como no teor vitamínico. A dessecação pode ocorrer sempre que a pressão do vapor do produto seja maior que a pressão do vapor do ar ambiente, sendo a perda de umidade do produto proporcional à diferença nas pressões do vapor e à porção da superfície do produto exposta.

A diferença na pressão de vapor entre o produto e o ar é principalmente uma função da umidade relativa e da velocidade do ar no espaço de armazenamento. Geralmente, quanto mais baixa for a umidade relativa e mais elevada a velocidade do ar, maior será o diferencial da pressão do vapor e maior a taxa de perda de

umidade do produto. Ao contrário, as mínimas perdas de umidade ocorrem quando a umidade no espaço de armazenagem é mantida a nível alto e com baixa velocidade de ar. Por isso, 100% de umidade relativa do ar são condições ideais para evitar a desidratação de produtos armazenados. Infelizmente, estas condições são também coniventes ao crescimento rápido de fungos e à formação de limo (bactérias) nas carnes. Também, uma boa circulação de ar no espaço refrigerado e ao redor do produto é necessária para a refrigeração adequada do mesmo. Por estas razões, a umidade do espaço deve ser mantida há um pouco menos que 100% e as velocidades do ar devem ser suficientes para assegurar circulação de ar adequada.

4.13 Condições do produto quando da armazenagem

Um dos principais fatores que determina a duração da armazenagem de um produto refrigerado é a condição do produto em armazenagem fresca. É preciso reconhecer que a refrigeração simplesmente para ou retarda o processo natural de deterioração e, portanto, não pode restabelecer a boa condição de um produto que já está deteriorado. Nem pode fazer de um produto de qualidade inicial pobre, um produto de alta qualidade. Por isso, somente vegetais e frutas em boas condições devem ser aceitos para armazenagem. Aqueles que já foram machucados ou de qualquer modo danificados, particularmente se a pele foi quebrada, perderam quase toda sua proteção natural contra a invasão de micróbios e estão, portanto, sujeitos a estragarem rápido. Também, como uma regra geral, dado que o amadurecimento e a maturação continuam depois da colheita, os vegetais e as frutas destinados à armazenagem devem ser colhidos antes de estarem completamente maduros.

A duração do armazenamento de frutas e vegetais muito maduros e danificados é extremamente curta mesmo sob as melhores condições de armazenamento, e tais produtos devem ser enviados diretamente ao mercado para evitar perdas excessivas. Uma vez que um produto alimentício começa a deteriorar-se muito rapidamente depois da colheita ou abate, é indispensável que sejam tomadas imediatamente medidas de conservação. Para assegurar a duração máxima de armazenamento com um mínimo de perda de qualidade, o produto deve ser refrigerado à temperatura de armazenagem, o mais rapidamente possível, depois da colheita ou abate.

4.14 Resfriamento ou pré-resfriamento do produto

O resfriamento ou pré-resfriamento do produto é diferente do armazenamento do mesmo, porque este entra na câmara de resfriamento ou pré-resfriamento a uma temperatura alta (usualmente temperatura de colheita ou de abate) e é resfriado o mais rápido possível para a temperatura de armazenamento, após é normalmente removido da câmara de resfriamento e colocado num frigorífico de conservação para armazenagem. O tratamento do produto durante o período de resfriamento tem grande influência na sua qualidade final e o tempo de duração de armazenagem.

4.15 Câmaras frigoríficas

Após o congelamento, o produto é armazenado em câmaras frigoríficas. O modelo ideal de câmara frigorífica é aquele que se pode obter temperatura homogênea em todos os compartimentos. A determinação da instalação dos evaporadores é de suma importância para uma perfeita circulação de ar dentro da câmara.

Uma sobrecarga de alimento levará a uma flutuação da temperatura da câmara e um resfriamento lento. Os alimentos devem ser colocados de maneira lógica e racional. Para facilitar a retirada dos alimentos, deixa a vista o que se costuma retirar com mais frequência. A ordem de saída do produto é relativa à ordem de entrada, ou seja, os que foram estocados antes saem primeiro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do trabalho exposto verificamos que o conhecimento do sistema de refrigeração em navios mercantes é essencial para uma boa condução e manutenção dos equipamentos referentes ao mesmo.

Quando falamos de refrigeração temos que ter conteúdo de vários sistemas de refrigeração e também dos componentes da mesma, assim como dos fabricantes, informações claras e de melhor entendimento possível.

Câmaras frigoríficas estão entre os maiores e mais eficazes sistemas de refrigeração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORRÊA, JORGE, *Apostila de Refrigeração e Climatização*, Universidade Federal do Pará – Instituto de Tecnologia.

COSTA, E. CRUZ DA. *Refrigeração*. Edgard Blücher; São Paulo; 1982. Disponível em: <Site: http://www.danfoss.com/Latin_America_portuguese>. Acesso em: 05 mai. 2016.

CULLEN, WILLIAM. Disponível em: <<http://www.chem.ed.ac.uk/about-us/history-school/professors/william-cullen>>. Acesso em: 01 mai. 2016.

DINÇER, IBRAHIM, *Refrigeration Systems and Applications*, WILEY, 2003.

DOSSAT, ROY J., *Principles of Refrigeration 4th Edition* (1997) Prentice Hall.

DOSSAT, R.J., *Princípios de Refrigeração*, Hemus Ed., 1998.

JUNIOR, LUIZ, *Refrigeração e Ar Condicionado*, Parte I, II, III, DeTEC.

KHARAGPUR, EE, et al., *Refrigeration & Air Conditioning*, India, 2008. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/29982457/Refrigeration-and-Air-Conditioning-by-lit-Kgp>>. Acesso em: 01 mai. 2016.

NEUBERGER, WAVERLI. The Methodist University Sustainable Program Using the Earth Charter to Mainstream Sustainability.

PIRANI, MARCELO JOSÉ, *Refrigeração e Ar Condicionado - Parte I Refrigeração*, Universidade Federal da Bahia.

STOECKER, W.F. e JABARDO, J.M.S., *Refrigeração Industrial*, Ed. Edgard Blucher, 2002.

TRINDADE TEODORO, et al., *Compressão e Frio Industrial*, ISEL, 2005.