

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE CÂMARAS FRIGORÍFICAS

José Augusto Castro Chagas
YORK Refrigeration
Contracting Division
Joinville – SC
Tel.: (0xx47) 481-1132
E-mail: castro@sabroesc.com.br

INTRODUÇÃO

Uma câmara frigorífica é qualquer espaço de armazenagem, que tenha as suas condições internas controladas por um sistema de refrigeração. Existem basicamente dois tipos de câmaras:

- Câmaras de Resfriados, cuja finalidade é proteger os produtos em temperaturas próximas de 0 °C
- Câmaras de Congelados, cuja finalidade é prolongar o período de estocagem dos produtos, à baixas temperaturas, em geral abaixo de -18 °C.

Os critérios envolvidos no projeto de uma câmara frigorífica são praticamente iguais a qualquer armazém:

- capacidade de armazenamento,
- instalações para receber e despachar os produtos,
- espaço interior bem dimensionado para a operação.

Porém, as câmaras frigoríficas tem como diferença, a necessidade de se manter em seu interior temperaturas abaixo da temperatura externa. Como consequência, existem certos limites tanto na escolha dos métodos de construção e dos equipamentos, quanto no modo que a câmara operará.

A busca pela redução dos custos de energia elétrica em câmaras frigoríficas, envolve necessariamente vários aspectos. Através do balanço entre a escolha dos materiais construtivos mais adequados, da elaboração de um projeto correto, do cuidado na montagem, e principalmente da supervisão da operação, é que se pode alcançar este objetivo.

Para a construção de uma câmara frigorífica, o primeiro aspecto a ser considerado é o planejamento operacional desejado para a instalação, e em seguida, a definição das soluções técnicas baseadas nas condições locais e fatores econômicos.

PLANEJAMENTO OPERACIONAL

As câmaras frigoríficas de estocagem de produtos, podem ser operadas por empresas privadas, para estocagem de seus próprios produtos, ou por outras que ofereçam os espaços de armazenagem como um serviço.

Independente do operador, os aspectos importantes que diferenciam as câmaras frigoríficas, devem-se em primeiro lugar ao objetivo operacional e localização das mesmas, a saber:

- ponto de produção ou colheita
- pontos intermediários, com estocagem de longo prazo
- pontos de distribuição final

A classificação das câmaras frigoríficas, quanto a preservação da qualidade dos produtos são:

1. Atmosfera controlada para uma estocagem de longo prazo de frutas e vegetais
2. Estocagem de produtos resfriados a 0 °C ou acima
3. Estocagem de produtos congelados à alta temperatura, entre -2 a -3 °C
4. Estocagem de produtos congelados à baixa temperatura, em geral variando entre -23 a -29 °C.

O proprietário da câmara frigorífica, ou seu responsável técnico, é quem irá determinar claramente, todos os serviços esperados para a mesma, durante o transcurso do ano, bem como, as condições ambientais predominantes no local da instalação. Esta informação deverá ser parte integrante das especificações técnicas.

Para a construção de uma câmara frigorífica com isolamento térmico, para utilização em pontos de venda no varejo, o responsável técnico necessita informar somente as condições de serviço mais severas que são esperadas durante a operação, e os requisitos de armazenagem, tais como, altura interna disponível, instalação de trilhos, tipos de estantes (nas quais condições severas de higiene deverão ser observadas), utilização de ganchos para carnes, etc...

Entretanto, para uma instalação industrial, com várias câmaras frigoríficas e um sistema de refrigeração centralizado, o assunto deve ser tratado de forma diferente. Neste caso, o responsável técnico deve estabelecer um Plano Operacional preciso, contendo os vários cenários possíveis de operação das câmaras frigoríficas.

De forma a se garantir uma certa "folga" no dimensionamento da instalação de refrigeração, os responsáveis técnicos tem a tendência de considerar somente as condições mais críticas, ou seja, as que correspondem à máxima quantidade de produto e o dia mais quente do ano. Naturalmente que estas condições excepcionais devem ser analisadas, porém, deve-se estudar também os requisitos operacionais que a instalação de refrigeração deve garantir em diferentes situações de carga térmica.

Por exemplo, as instalações de processamento de frutas em geral englobam a armazenagem e expedição das mesmas. Pelo fato de estarem localizadas nas regiões produtivas, deverão considerar uma série de fatores, tais como o calendário de colheita de cada variedade de fruta, o nível de estoque desejado, os períodos de estocagem em função das características de marketing, a necessidade de câmaras com atmosfera controlada e com umidificação, entre outros.

Desta forma, cada tipo de instalação deve ser analisada com as suas particularidades, incluindo logicamente eventuais flutuações sazonais. O Plano Operacional, deverá conter a descrição dos cenários operacionais, que permitirão avaliar as variações da carga térmica requerida.

Com estas informações, é possível efetuar um balanço térmico adequado levando em consideração os aspectos de carga parcial, que será fundamental para a determinação da capacidade de refrigeração necessária, e particularmente a quantidade de compressores, de forma a se obter uma racionalização do consumo de energia elétrica.

Especificações dos Produtos

As seguintes informações relativas aos produtos, deverão constar das especificações técnicas:

- Natureza do produto
- Frequência de entradas e saídas dos produtos durante a semana.
- Planos de produção e colheita
- As temperaturas dos produtos ao entrarem nas câmaras
- Quantidade diária (kg/dia) de produtos a serem mantidos resfriados, congelados, ou que devam ser resfriados ou congelados rapidamente.
- Especificação de embalagens

Condições de Estocagem

As seguintes informações relativas às condições de estocagem dos produtos, deverão constar das especificações técnicas:

- Temperaturas internas
- Umidade relativa interna
- Duração da estocagem, por produto
- Método de movimentação das cargas (empilhadeiras, elevadores, etc...)
- Método de empilhamento (pallets, racks, etc...)

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

As características construtivas das câmaras frigoríficas influem diretamente na capacidade de refrigeração, ou seja, tem responsabilidade direta no aumento ou redução do consumo de energia elétrica da instalação.

Os principais fatores a considerar são:

- Eficiência do isolamento térmico de paredes e tetos
- Eficiência do isolamento térmico de pisos (se houver)
- Existência de barreira de vapor apropriada
- Infiltração de ar em níveis mínimos

Isolamento Térmico

A finalidade do isolamento térmico, é reduzir as trocas térmicas indesejáveis e, manter a temperatura da parede externa do recinto isolado, próximo à do ambiente externo, para evitar problemas de condensação.

O isolamento térmico é formado por materiais de baixo coeficiente de condutividade térmica (k). Os materiais isolantes são porosos, sendo que a elevada resistência térmica se deve à baixa condutividade térmica do ar contido nos seus vazios. A transferência de calor ocorre, principalmente, por condução. Nos espaços vazios ocorre também convecção e irradiação, porém com valores desprezíveis.

Métodos de Isolamento Térmico

Os métodos de isolamento são determinados em função do método de construção. Há dois métodos de isolamento, que se diferenciam no tipo e na maneira que são instalados :

- isolamento colocado no local;
- isolamento pré-fabricado e integrado.

De acordo com o que se deseja do isolamento, podem ser examinados sob diversos pontos de vista :

- como o isolamento é aplicado;
- funcionamento da barreira de vapor;
- a função básica do isolamento, ou seja, a limitação das perdas através das paredes;
- papel das camadas protetoras.

Para o isolamento colocado no local:

- é colocado inteiramente dentro da estrutura principal, antes do levantamento da mesma;
- as três outras funções são sucessivamente executadas por empresas especializadas.

Este trabalho inclui:

- a colocação de uma barreira de vapor na estrutura principal;
- a instalação do isolamento atual, usualmente na forma de pequenos ou médios painéis que são simplesmente encaixados ou fixados nas paredes ou no teto por fixadores na estrutura principal. Os painéis são unidos durante a instalação.
- a aplicação de camadas protetoras, camadas de concreto, coberturas na parede e no teto (usualmente com argamassa). Estas coberturas também podem ser metálicas.

Para o isolamento pré-fabricado, são utilizados painéis pré-fabricados, que têm as seguintes funções :

- barreira de vapor;
- isolamento térmico;
- cobertura, usualmente em ambos os lados.

Aqui, são os próprios painéis que fazem o isolamento, graças a sua rigidez (ou seja, por possuírem forma de "sanduíche"). Somente a estrutura e as fundações são erguidas durante a fase de construção.

Se o isolamento está dentro da estrutura (ver parágrafo 2.32), o isolamento do teto é colocado num telhado comum com uma cobertura normal. Porém, se o isolamento está do lado de fora da estrutura, faz parte do telhado (com longos painéis fabricados) e deve ser complementado com uma barra estrutural de acordo com as especificações locais.

Escolha do Isolamento Térmico

Muitos materiais têm sido utilizados para o isolamento de câmaras, e não se pretende aqui fazer um exaustivo detalhamento dos mesmos.

Somente as principais qualidades exigidas de um bom isolamento serão relatadas e os principais produtos utilizados serão apenas mencionados.

Pelo exposto anteriormente, entende-se que quanto menor a densidade e maior o número de poros, maior o poder do isolamento. Um bom isolante térmico deve apresentar as seguintes qualidades:

- um coeficiente de transferência de calor de acordo com o custo do isolamento;
- boa impermeabilidade à água e umidade;
- um baixo coeficiente de expansão térmica;
- pouca variação da condutividade térmica devida à utilização;
- total ausência de odores;
- resistência ao apodrecimento;
- resistência a roedores e outros animais;
- material à prova de fogo;
- baixa densidade; especialmente para isolamento do piso e do teto, apesar de uma boa resistência à compressão ser necessária para o isolamento do piso;
- gás utilizado no isolamento não deve afetar a camada de ozônio e possuir um baixo potencial de aquecimento.

Considerando que a barreira de vapor é perfeita, recomenda-se dar prioridade a materiais higroscópicos.

A espessura do isolamento é calculada através de diversos fatores, dentre eles o tipo de material, custo e energia gasta na operação, como será analisado adiante.

Principais Materiais Utilizados

A concepção atual de construção de câmaras frigoríficas, leva em consideração a utilização de painéis isolantes pré-fabricados do tipo "sanduíche". Os painéis são constituídos por dois revestimentos metálicos interligados por um núcleo isolante. São utilizados basicamente, dois tipos de materiais construtivos :

- Espuma Rígida de Poliuretano (PUR): obtida pela reação química de 2 componentes líquidos (isocianato e poli-hidroxilo), em presença de catalizadores.
- Poliestireno Expandido (EPS): é um derivado de petróleo que expandido por meio de vapor d'água torna-se um material plástico altamente poroso e praticamente impermeável.

Pelas tabelas 1 e 2, verifica-se que para a mesma espessura de isolamento, o painel com PUR apresenta um coeficiente global de transmissão de calor (U) menor do que o de EPS, tornando-o um isolamento mais eficiente.

Entretanto, esta diferença pode ser compensada aumentando-se a espessura do isolamento de EPS. Na maioria das vezes isto é conveniente, inclusive por questões de custo, uma vez que os de aquisição do EPS são tremendamente menores do que o de PUR.

Isto ocorre, tanto pela diferença de matéria prima utilizada, quanto pelo processo de fabricação, que é totalmente automatizado para os painéis de EPS e manual para O PUR.

Tabela 1 - Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U) - PUR

Espessura (mm)	U (kcal/h. m². °C)
50	0,042
80	0,026
100	0,021
120	0,017
150	0,014
175	0,012
200	0,010
250	0,008

Tabela 2 - Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U) - EPS

Espessura (mm)	U (kcal/h. m². °C)
50	0,055
80	0,035
100	0,028
125	0,022
165	0,017
200	0,014
250	0,011

Uma solução rápida para a determinação da espessura de isolamento, consiste em adotarmos uma classificação para o fluxo de calor através do isolamento.

Tabela 3 - Classificação do Isolamento x Fluxo de Calor

Classificação do isolamento	Fluxo de Calor (kcal/h . m²)
Excelente	8
Bom	10
Aceitável	12
Regular	15
Ruim	>15

A escolha do fator ideal, deve levar em consideração detalhes técnicos e de custo. Aumentando-se a espessura do isolamento aumenta-se o custo do mesmo, porém, a carga térmica se reduz. Por outro lado, diminuindo-se a a espessura, o custo de painéis também diminui, mas aumenta a carga térmica da instalação.

A utilização de um fator de fluxo de calor de 8 kcal/h.m², possibilita um bom balanço entre os custos de isolamento e de energia elétrica. A espessura necessária, será definida conforme o material e o diferencial de temperatura desejado.

Tabela 4 - Fluxo de Calor (kcal/h . m²) x Δt (°C) - PUR

Δt (°C) e (mm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
50	6	8	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	32	34	36
80	4	5	7	8	9	11	12	13	14	16	17	18	20	21	22
100	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18
120	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15
150	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	11	11	12
175	2	2	3	4	4	5	5	6	7	7	8	8	9	10	10
200	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9
250	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	8

Tabela 5 - Fluxo de Calor (kcal/h . m²) x Δt (°C) - EPS

Δt (°C) e (mm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
50	8	11	14	17	20	22	25	28	31	34	36	39	42	45	48
80	5	8	9	11	12	14	16	18	19	21	23	25	26	28	30
100	4	6	7	8	10	11	13	14	15	17	18	20	21	22	24
125	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19
165	3	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14	14
200	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	11	11	12
250	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	9	10

Conforme já citado, verifica-se, que se obtém uma espessura menor para o painel de PUR, uma vez que este possui um fator de condutibilidade térmica menor do que o de EPS.

A medida que aumentamos a espessura do isolamento, as perdas térmicas diminuem. Entretanto, o custo do isolamento aumenta. O fator de fluxo de calor igual a 8 (kcal/h.m²) é um valor médio que garante um balanço satisfatório entre o custo do isolamento e o custo operacional da instalação.

Isolamento do Piso

Em alguns casos, como quando uma câmara é mantida a uma temperatura relativamente alta (acima do ponto de congelamento), não é necessário isolar o piso; isto simplifica a construção.

Além disso, o acréscimo do fluxo de calor através do piso não é tão alto para exigir um ajuste mais significativo nos equipamentos de refrigeração. Em todos os outros casos, o piso deve ser isolado de forma a evitar perdas de energia.

Quando o piso estiver isolado, a instalação é aplicada no local, da maneira mais comum (há algumas exceções, usualmente em pequenas câmaras).

Para câmaras de congelados, devem ser tomadas precauções para evitar o congelamento do piso.

Barreira de Vapor

Qualquer espaço refrigerado torna-se uma fonte de vapor em virtude da diferença de pressões de vapor entre o ar externo e o ar interno da câmara. Assim, não se projeta uma câmara frigorífica sem uma barreira de vapor. A umidade que penetrar no isolamento irá diminuir a eficiência térmica, aumentando a perda de energia e pode danificar o isolamento. Sem uma eficiente barreira de vapor, a vida útil da câmara é reduzida.

Além disso, a perda de eficiência do isolamento térmico ocasiona um aumento na carga térmica de refrigeração, o que por sua vez ocasiona um aumento no consumo de energia elétrica na instalação.

Os Tipos de Barreira de Vapor

Há três tipos :

- uma fina camada de fluido ou plástico, aplicada na superfície exterior do isolamento (em pisos, paredes e tetos), antes de ser colocado. Alguns materiais utilizados são : asfalto, emulsão betuminosa e resinas polímeras;
- películas de vedação (finas camadas de asfalto, folhas plásticas e filmes de metal) aplicados ou na superfície de suporte (quando o isolamento for interno) ou no final do isolamento (quando for externo);
- proteção na forma de painéis pré-fabricados em forma de sanduíche, ou folhas de plástico. Deve ser assegurado que a barreira não esteja interrompida nas uniões dos painéis.

Geralmente, todas as penetrações no isolamento devem ser tratadas cuidadosamente de forma a manter a umidade ao longo do próprio elemento. Aquecedores podem ser necessários para evitar a condensação ou formação de gelo.

Cortinas de Ar

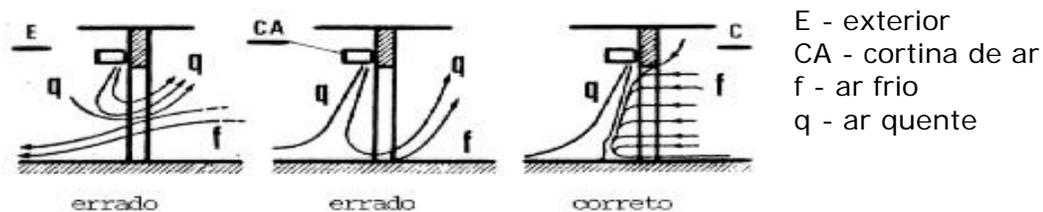
De forma a minimizar o fluxo de ar quente e úmido para o interior das câmaras de estocagem que trabalham à baixa temperatura deverá ser prevista a utilização de cortinas de ar. Isto é especialmente recomendado quando existe uma movimentação intensa de produtos e a contínua abertura de portas.

A utilização das cortinas de ar serve para proteger a câmara, de cargas térmicas adicionais, que irão aumentar a temperatura e a umidade no interior da câmara. A entrada de vapor d'água para o interior da câmara, poderá trazer problemas de condensação em excesso na superfície do evaporador, com a conseqüente formação de gelo.

Caso a umidade seja excessiva, o sistema de degelo poderá não ser suficiente para a retirada do mesmo. Isto ocasiona um bloqueio gradual do evaporador, causando uma perda de capacidade de refrigeração e um aumento no consumo de energia elétrica.

Entretanto, não basta apenas ter a cortina de ar instalada. A velocidade, a distribuição e a direção do ar é que permitem uma proteção eficiente à entrada do ar externo à câmara.

A figura a seguir mostra o comportamento do fluxo de ar da cortina à entrada da câmara, em função da velocidade e direção do fluxo adotado.



CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Para a definição das características do sistema de refrigeração, a primeira análise a ser efetuada é o cálculo de carga térmica. Este cálculo deve ser efetuado com o máximo de precisão possível, levando em consideração todos os detalhes informados na especificação técnica.

Carga Térmica

Carga térmica de refrigeração é a quantidade de calor sensível e latente que deve ser retirada de um ambiente, de modo a serem mantidas as condições de temperatura e umidade estabelecidas para ele. Geralmente, esta carga térmica está expressa em kcal/h.

Esta carga térmica pode ser introduzida no ambiente da seguintes formas:

Transmissão de calor por paredes, tetos e piso

Corresponde a quantidade de calor transmitida por condução através de paredes, tetos e pisos. Esta carga depende da área de troca, ou seja, a superfície total submetida à troca de calor.

É importante um cuidado especial na escolha da espessura do isolamento térmico, de forma que a superfície do lado quente, não atinja um valor baixo, onde poderá ocorrer uma condensação de vapor de água.

Conforma já dito, é importante a adoção de uma espessura de isolamento para um fluxo de calor de $8 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2$.

Infiltração de ar

É a parcela correspondente ao calor do ar que atinge a câmara através de suas aberturas. Toda vez que a porta é aberta, o ar externo penetra no interior da câmara, representando uma carga térmica adicional. Evidentemente, a determinação exata deste volume é muito difícil, sendo valores aproximados para o número de trocas por dia, em função do tipo e volume da câmara.

Em câmaras frigoríficas com movimentação intensa e com baixa temperatura, este valor aumenta tremendamente. Neste caso é fundamental a utilização de um meio redutor desta infiltração, tais como uma cortina de ar ou de PVC (em alguns casos, é recomendável a utilização das duas soluções em conjunto).

A infiltração de ar em demasia acarreta um bloqueio dos evaporadores, devido a formação de gelo em seu redor, o que reduz a capacidade do sistema de refrigeração, e conseqüentemente, aumenta o consumo de energia elétrica.

Produto

É a parcela correspondente ao calor devido ao produto que entra na câmara, sendo composto das seguintes parcelas :

- calor sensível antes do congelamento (resfriamento)
- calor latente de congelamento
- calor sensível após o congelamento (congelamento)
- calor de respiração (só para frutas)

A determinação exata desta parcela de carga térmica é determinante para o funcionamento adequado ou não da câmara, especialmente em locais de distribuição, nos quais a movimentação dos produtos é intensa.

Nas câmaras utilizadas para o resfriamento ou congelamento dos produtos, tem-se um aumento substancial da carga térmica, quando comparado com as câmaras de projetadas para estocagem de produtos resfriados ou congelados.

O recebimento de produtos com temperaturas acima das especificadas no Plano Operacional, e que serviram de base para o projeto do sistema, irá ocasionar uma carga térmica adicional que poderá inclusive comprometer a operação do sistema, aumentando também substancialmente o consumo de energia. Deve-se sempre ter em mente, a necessidade de utilização das câmaras de acordo com os parâmetros considerados no projeto.

Outra questão relevante, é a correta determinação da carga térmica ocasionada pela respiração de frutas e vegetais, provocada pelo metabolismo dos mesmos.

Cargas diversas

É a parcela de carga térmica devido ao calor gerado por iluminação, pessoas motores e outros equipamentos.

Os motores dos ventiladores dos forçadores de ar são uma fonte de calor e também, de consumo de energia elétrica. Dentro do possível, deverão ser previstos meios de variar a vazão de ar em função da necessidade de carga térmica do sistema. Isto pode ser feito com a utilização de variadores de frequência ou de motores de dupla velocidade.

Resumo Final

O cálculo de carga térmica é efetuado para um período de 24 h. Entretanto, devemos considerar um período de 16 a 20 horas de operação dos equipamentos, de forma a possibilitar o degelo, as eventuais manutenções, e também possíveis sobrecargas de capacidade.

$$\text{Carga térmica [kcal/h]} = \frac{\text{Carga térmica em 24 h}}{n}$$

n = número de horas de operação por dia (16 a 20 h)

Como exemplo será efetuada uma comparação entre a carga térmica para uma câmara, com as dimensões abaixo definidas, e operando em duas condições diferentes:

1. Dimensões da câmara:
 - Comprimento: 20 m
 - Largura: 10 m
 - Altura: 8 m
2. Condições externas: 35 °C e 70% UR
3. Condições internas: -20 °C e 90% UR
4. Temperatura final do produto: -18 °C
5. Temperatura de entrada do produto:
 - Condição 1: -10 °C
 - Condição 2: 5 °C
6. Movimentação diária de produto: 40.000 kg/24 h

Na condição 1, o produto entra na câmara a -10 °C e na condição 2, entra a 5 °C. Na primeira, ocorre somente a retirada de calor sensível, já após o congelamento. Na segunda condição, há necessidade de ser retirado o calor sensível antes do ponto de congelamento, o calor latente de mudança de fase, e o calor sensível após o ponto de congelamento.

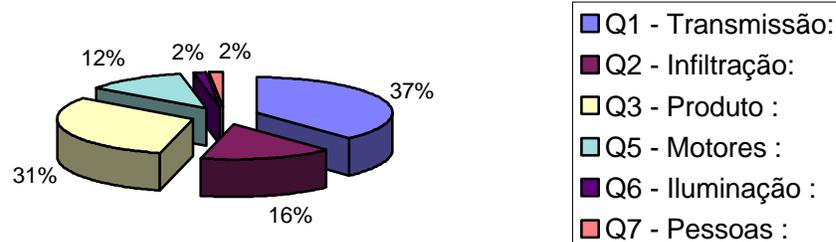
No exemplo em questão, todas as demais condições estão sendo mantidas constantes, exceto o calor devido aos motores elétricos que irá aumentar também.

A carga térmica calculada será de:

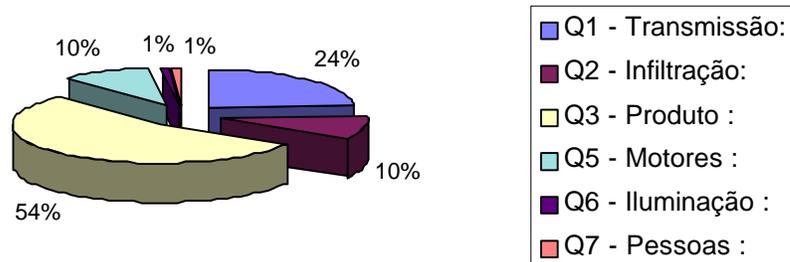
Câmara de Estocagem de Frangos Congelados				
Tipo	Kcal/h (1)	%	Kcal/h (2)	%
Q1 - Transmissão:	9.387	38%	9.387	24%
Q2 - Infiltração:	3.894	16%	3.894	10%
Q3 - Produto :	7.644	31%	21.978	55%
Q5 - Motores :	2.879	12%	3.813	10%
Q6 - Iluminação :	382	2%	382	1%
Q7 - Pessoas :	400	2%	400	1%
	24.587	100%	39.854	100%

Os gráficos a seguir apresentam a distribuição de carga térmica, nas duas condições:

Distribuição de Carga Térmica - Câmara de Congelados - Frangos - Cond. 1



Distribuição de Carga Térmica - Câmara de Congelados - Frangos - Cond. 2



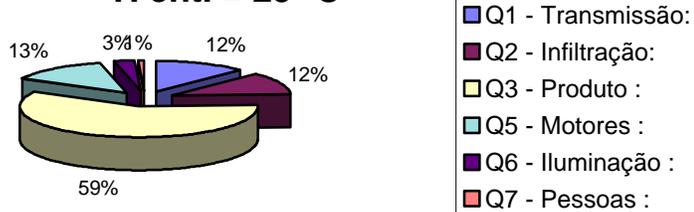
Nota-se que a alteração na temperatura de entrada de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, acarreta um aumento de 62 % na carga térmica da condição 1. A carga térmica devido ao produto, que corresponde a 31% do total na condição 1 e a 55% na condição 2, praticamente triplicou de valor.

Isto demonstra que a utilização de temperaturas de entrada para o produto, fora das especificações iniciais, pode comprometer significativamente a operação da instalação.

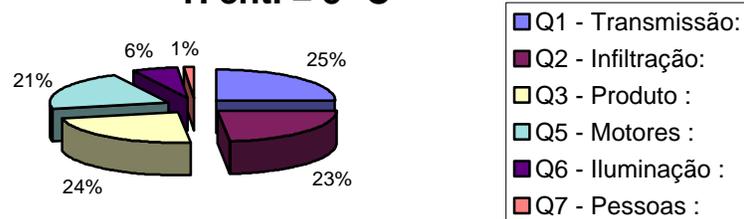
Conclui também, que é errôneo definir-se um valor de carga térmica em função unicamente, de parâmetros tais como volume da câmara ou área de piso, uma vez que neste caso estes valores são absolutamente iguais e os resultados da carga térmica bastantes diferenciados. É necessário sempre, avaliar corretamente a influência da carga de produto.

A seguir são apresentados vários gráficos representativos da carga térmica de ambientes, nos quais as dimensões das câmaras são mantidas constantes e a variação ocorre somente no tipo de produto e na finalidade da câmara (estocagem de resfriados ou resfriamento). As temperaturas de entrada são de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

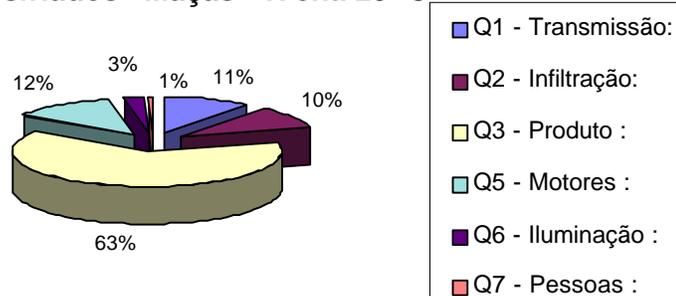
Distribuição de Carga Térmica - Câmara de Resfriados - Frangos - T. ent. = 25 °C



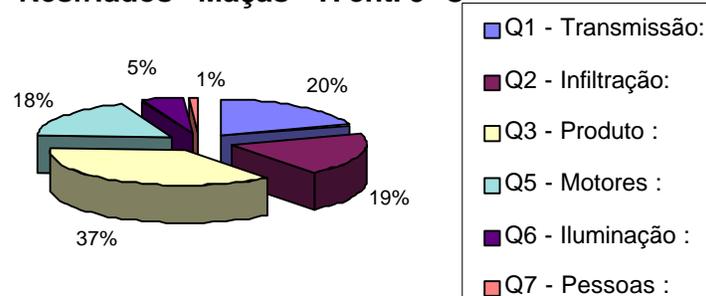
Distribuição de Carga Térmica - Câmara de Resfriados - Frangos - T. ent. = 5 °C



Distribuição da Carga Térmica - Câmara de Resfriados - Maças - T. ent. 25 °C



Distribuição da Carga Térmica - Câmara de Resfriados - Maças - T. ent. 5 °C



Sistemas de Refrigeração

Um dos fatores principais para a eficiência energética da instalação frigorífica é a definição adequada das temperaturas de evaporação e condensação, bem como, o tipo de refrigerante a ser adotado.

Quando a pressão de condensação e a pressão de evaporação são muito diferentes, a eficiência do sistema é muito pequena, ou seja, o consumo de energia é alto para uma potência frigorífica pequena.

Uma solução técnica adotada para minimizar esta situação, é a adoção de um ciclo de duplo estágio. O ciclo duplo estágio caracteriza-se pela compressão em duas etapas, sendo que os compressores que operam no estágio de baixa pressão, são denominados de compressores "booster".

Como regra básica, pode ser tido que do ponto de vista da eficiência energética, é sempre melhor operar com o maior número possível de níveis de temperaturas de evaporação, definidas em função das temperaturas dos ambientes.

Em caso de instalações que operem com diferentes valores de temperatura, como por exemplo, túneis de congelamento a -35°C , câmaras para estocagem de congelados a -20°C , câmaras de resfriados e tuneis de resfriamento a 0°C e câmaras climatizadas a 10°C , deverá ser efetuada uma análise técnica e econômica da adoção de quatro níveis de temperatura de evaporação, ou seja por exemplo, -42°C , -30°C , -10°C e 0°C .

Automação

A preocupação constante com a racionalização do consumo de energia elétrica, envolve como visto até agora, diversos aspectos. A utilização de novos softwares associados a controladores lógicos programáveis, possibilita a supervisão, controle e gerenciamento de vários dados operacionais, relacionados com consumo de energia elétrica nas instalações frigoríficas, entre os quais, cabe ressaltar:

- Controle de capacidade interligado para os compressores
- Controle da pressão de condensação
- Controle do consumo de energia nos evaporadores e condensadores
- Controle de demanda contratada
- Controle da potência reativa
- Históricos operacionais, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) COLD STORE GUIDE, International Institute of Refrigeration, Paris, France.
- (2) ASHARE HANDBOOK, Refrigeration, USA.
- (3) Neves Filho, Lincoln de Camargo; CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS FRIGORÍFICOS, Setembro de 1997.
- (4) Asplund, Tommy; Rolfman, Lennart; COMPRESSORES PARAFUSO SAB80 - SILENCIOSOS, BAIXO CONSUMO DE ENERGIA E COMPATÍVEIS COM O MEIO AMBIENTE, 1995. Sabroe Refrigeration AB, Suécia.