

# ESTUDO DAS CÂMARAS FRIGORÍFICAS DE UM RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

Lara Cristina Resende Silva Couto<sup>1</sup>, Christielly Fernandes da Costa<sup>2</sup>, Flaviana Amélia Possancini<sup>3</sup>, Bianca Cristina Duarte e Silva<sup>4</sup>, Luiz Henrique de Oliveira<sup>5</sup>, Sérgio Ferreira de Paula Silva<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia – MG

<sup>1</sup>larinha1612@gmail.com, <sup>2</sup>christielly.eel@gmail.com, <sup>3</sup>flavianapossancini@gmail.com, <sup>4</sup>bianca.duarte.silva@outlook.com, <sup>5</sup>luiz\_henrique\_deoliveira@hotmail.com, <sup>6</sup>s.ferreiradepaula@ufu.br

**Resumo** - O restaurante universitário (RU) da Universidade Federal de Uberlândia opera com duas câmaras frigoríficas: Câmara de Resfriados e Câmaras de Congelado. Neste trabalho, será explicada a necessidade de um novo planejamento para as câmaras frigoríficas por meio de um novo modelo proposto para atender o Restaurante. Além disso, será abordado como planejar uma câmara pré-moldada de maneira genérica, uma vez que a demanda de refrigeração pode mudar a cada semestre, com base na eficiência energética, mostrando o caminho de como calcular essa construção.

**Palavras-Chave** – Câmara pré – moldada, eficiência energética, demanda de refrigeração.

## STUDY OF THE REFRIGERATED CHAMBERS OF A UNIVERSITY RESTAURANT

**Abstract** - The University Restaurant (UR) of the Federal University of Uberlândia operates with two refrigerated chambers: cold chamber and frozen chamber. In this work, it will be explained the need for a new planning for cold rooms through a new proposed model to meet the restaurant. It will also be approached planning a board pre-molded can chance each semester, based on the Energy Efficiency showing the path how to calculate this construction.

**Keywords** - Chamber pre-molded, energy efficiency, cooling demand.

### NOMENCLATURA

$Q_1$  = Calor transmitido através das paredes, piso ou teto, em kJ/24h;

$A$  = Área da superfície externa da parede, piso ou teto, em  $m^2$ ;

$U$  = Coeficiente global de transmissão de calor (Tab. 2), em  $W/m^2K$ ;

$T_e$  = Temperatura externa da câmara frigorífica, em  $^{\circ}C$ ;

$T_i$  = Temperatura interna da câmara frigorífica, em  $^{\circ}C$ ;

$\Delta T_{ins}$  = Acréscimo de temperatura devido à insolação (Tab. 3), em  $^{\circ}C$ ;

$Q_2$  = Calor devido à infiltração, em kJ/24h;

$V_i$  = Volume interno da câmara frigorífica, em  $m^3$ ;

$n$  = Número de trocas de ar por 24 horas (Tab. 4);

$h_e$  = Entalpia do ar externo (Tab. 5), em kJ/ $m^3$ ;

$h_i$  = Entalpia do ar interno da câmara frigorífica (Tab 5), em kJ/ $m^3$ ;

$Q_{3a}$  = Calor removido do produto no processo de resfriamento, em kJ/24h;

$Q_{3b}$  = Calor devido ao produto durante o congelamento, em kJ/24h;

$Q_{3c}$  = Calor devido ao produto após o congelamento, em kJ/24h;

$m_p$  = Massa diária de produto, em kg/24h;

$c_1$  = Calor específico do produto antes do congelamento (Tab. 6), em kJ/kgK;

$c_2$  = Calor específico do produto depois do congelamento (Tab. 6), em kJ/kgK;

$T_p$  = Temperatura inicial do produto, em  $^{\circ}C$ ;

$T_c$  = Temperatura de congelamento, em  $^{\circ}C$ ;

$L$  = Calor latente de congelamento do produto, em kJ/kg;

$Q_4$  = Calor emitido pela iluminação, kJ/24h;

$P$  = Potência das lâmpadas, W;

$n_i$  = Número de horas de funcionamento da iluminação, h/24h;

$Q_5$  = Calor emitido pelas pessoas, em kJ/24h;

$n_p$  = Número de pessoas que circulam na câmara frigorífica;

$q$  = Calor gerado por pessoa (Tab. 7), em kJ/h;

$n_{pm}$  = Número médio de horas que cada pessoa permanece na câmara, em h/24h.

## I. INTRODUÇÃO

As câmaras frigoríficas são compartimentos fechados, isolados termicamente em condições termo-higrométricas, ou seja, a temperatura e a umidade são reguladas para que os alimentos sejam conservados adequadamente. Para que exista a manutenção termo-higrométrica, é necessário o uso do refrigerador, eventualmente integrado a um sistema de aquecimento e umidificação, quando necessário. O cálculo da carga térmica das câmaras frigoríficas é essencial para sua especificação, exigindo projetos específicos, direcionados ao tipo de produto/alimento, tempo de resfriamento, temperatura média e capacidade de armazenamento.

No Restaurante Universitário, do *campus* Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), existem dois



XIV CEEL - ISSN 2178-8308  
03 a 07 de Outubro de 2016  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU  
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

tipos de câmaras, duas de resfriamento, que trabalham com temperatura mais alta, e uma de congelamento, que trabalham com temperatura mais baixa.

Atualmente, as refeições não estão sendo produzidas no próprio restaurante e sim de maneira terceirizada. Assim, as câmaras existentes estão trabalhando bem abaixo de sua capacidade e, conseqüentemente, os compressores e os respectivos acionamentos (motores elétricos) estão operando em condições não adequadas de rendimento e eficiência.

Além disso, estas três câmaras existentes nas instalações do restaurante ficam ligadas 24h por dia, sete dias na semana, com quatro compressores de refrigeração e três compressores de congelamento, existindo, portanto, a necessidade de um novo planejamento para que se otimize o consumo de energia elétrica neste novo formato em que o Restaurante Universitário se encontra. Devemos também levar em consideração que este artigo traz uma opção para o novo formato que o RU será implementado, uma vez que já existe uma proposta de reforma, uma vez que isto vai ocorrer, podemos mudar o modo de como hoje está sendo realizada e aproveitada as instalações das câmaras frigoríficas. Também é válido lembrar que hoje está sendo construída uma unidade do restaurante que será provisória e que buscar uma alternativa para essas câmaras será considerável.

A busca pela redução dos custos de consumo energético e pela eficiência nas câmaras frigoríficas envolve vários aspectos, desde a escolha dos materiais para sua construção até a manutenção correta e periódica das câmaras.

## II. PLANEJAMENTO DE UMA CÂMARA FRIGORÍFICA

Para construção de uma câmara frigorífica, deve – se realizar um planejamento operacional e em seguida propor a solução técnica baseada nas condições econômicas e físicas do local de instalação. Os três passos apresentados na sequência sintetizam o processo de dimensionamento de uma câmara frigorífica.

### A. Classificação da câmara

Primeiramente, deve – se classificar a câmara em relação à preservação da qualidade dos produtos. Essa classificação se divide em:

- estocagem de produtos resfriados a 0°C ou acima;
- estocagem de produtos congelados à alta temperatura, entre -2 e -3C; e
- estocagem de produtos congelados à baixa temperatura, variando entre -23 a -29C.

### B. Especificação dos produtos

Em seguida, os produtos a serem armazenados e resfriados são especificados quanto às seguintes características:

- natureza do produto, por exemplo, carne refrigerada sem osso, carne refrigerada com osso sorvetes;
- frequência de entrada e saídas dos durante a semana;
- planos de produção ou colheita, caso os produtos a serem armazenados dependem de uma colheita periódica;

- temperatura de entrada nas câmaras; e
- quantidade diária de produtos a serem mantidos resfriados, congelados ou que devam ser resfriados ou congelados rapidamente e especificação de embalagens.

### C. Condições de estocagem

Por fim, as condições de estocagem devem ser especificadas de acordo com as seguintes características:

- temperaturas internas;
- umidade relativa interna;
- duração de estocagem por produto;
- método de movimentação das cargas (empilhadas, elevadores, etc.); e
- método de empilhamento (pallets, racks, etc.).

As características construtivas influenciam na capacidade de refrigeração e possuem influência no aumento ou diminuição do consumo de energia elétrica na instalação.

Existem, de maneira geral, as câmaras em alvenaria e as pré-moldadas. As de alvenaria utilizam isolamento térmico tradicional e são construídas em cômodos pré – existentes no local.

Já as câmaras pré - moldadas são construídas por painéis isolantes pré-moldados, com característica de rigidez estrutural obtida com acoplamento do isolante propriamente dito e camadas de revestimentos. Estes painéis são conectados entre si por meio de junções metálicas. As vantagens desta solução construtiva são a rapidez da colocação e a possibilidade de sucessivas ampliações.

As características autoportantes dos painéis isolantes mudam segundo o tipo da construção. Ultrapassando determinadas dimensões de painéis nascem problemas de envergadura do teto que são solucionados com estruturas metálicas externas ou internas. A ampla disponibilidade de materiais de revestimento do painel (existem painéis revestidos nos dois lados com chapa de aço inox) permite a construção de câmaras frigoríficas que resistem às intempéries com ótimas características de isolamento e impermeabilidade. A seguir, a Figura 01 mostra o esboço de uma câmara pré – moldada.

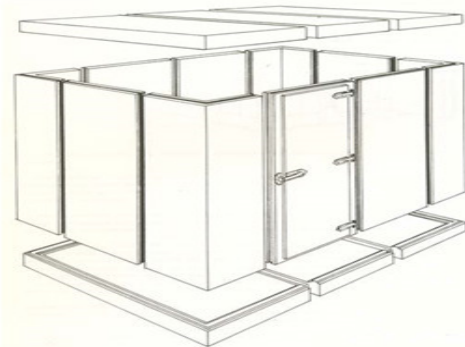


Fig. 1. Esboço de uma câmara frigorífica pré – moldada.

As três câmaras atualmente utilizadas pelo RU são de alvenaria, sendo que somente a de congelamento ainda armazena produtos como sucos e frutas. Porém, como dito

anteriormente, essa câmara também trabalha bem abaixo de sua capacidade e em condições não adequadas de rendimento e eficiência.

No caso do Restaurante Universitário da Universidade Federal de Uberlândia, a câmara ideal seria a pré – moldada, visando custos mais baixos e maior flexibilidade de instalação e tamanhos, podendo acontecer até mesmo a sua ampliação ou diminuição quando necessário.

### III. CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

Conhecidas as características dos produtos, conforme indicado no tópico anterior, procede – se à determinação da carga térmica necessária ao sistema de refrigeração. O cálculo deverá levar em consideração as seguintes variáveis:

- transmissão de calor através das paredes, piso e teto;
- carga representada pelo produto; e
- infiltração de calor do ar no interior da câmara pelas aberturas de portas e outras fontes de calor como motores, pessoas, iluminação, empilhadeiras, etc.

A carga de transmissão de calor é determinada pela equação abaixo.

$$Q_1 = 86,4 \cdot A \cdot U \cdot (T_e - T_i + \Delta T_{ins}) \left[ \frac{kJ}{24h} \right] \quad (1)$$

A infiltração de calor representa as perdas nas câmaras frigoríficas. Este parâmetro é definido por (2).

$$Q_2 = V_i \cdot n \cdot (h_e - h_i) \quad (2)$$

Ainda, é necessário calcular o calor devido à própria embalagem dos produtos. Esse calor divide – se em: calor removido antes do congelamento ( $Q_{3a}$ ), calor latente de congelamento ( $Q_{3b}$ ) e calor removido após o congelamento ( $Q_{3c}$ ). O calor total ( $Q_3$ ) é a soma desses três:

$$Q_{3a} = m_p \cdot c_1 \cdot (T_p - T_c) \quad (3)$$

$$Q_{3b} = m_p \cdot L \quad (4)$$

$$Q_{3c} = m_p \cdot c_2 \cdot (T_c - T_i) \quad (5)$$

Observa – se, no entanto, que se a quantidade estimada de material utilizado na embalagem do produto não atingir 10% do peso bruto que entra na câmara, não é necessário o cálculo devido à embalagem. Isso se o congelamento não for rápido.

O calor cedido pela iluminação no interior da câmara frigorífica é calculado da seguinte maneira:

$$Q_4 = P \cdot n_i \cdot 3,6 \quad (5)$$

Calor cedido pelas pessoas:

$$Q_5 = n_p \cdot q \cdot n_{pm} \quad (6)$$

De posse destes valores, a carga térmica total diária da instalação frigorífica é resultado da soma de  $Q_1$  a  $Q_5$  (em kJ/24horas. Dividindo este valor pelo tempo de funcionamento diário do equipamento, obtem – se a carga térmica em [kW]. Este resultado permitirá a escolha adequada dos equipamentos para a referida instalação frigorífica.

É possível, ainda, prever um acréscimo de até 10%, por segurança, na hora da escolha do sistema.

### IV. DEFINIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados por uma câmara frigorífica são a unidade evaporadora e a condensadora. Para uma escolha correta desses equipamentos, é preciso levar em consideração os seguintes fatores: carga térmica; temperatura da câmara fria, temperatura de evaporação e temperatura ambiente.

Uma vez que a tecnologia está sendo inovada diariamente, a escolha do evaporador e do condensador deve atender o melhor custo benefício, visando sempre a eficiência.

### V. CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA DO RU

Os cálculos a seguir são baseados nos dados obtidos em visita ao Restaurante Universitário e referem – se à carga térmica da câmara frigorífica que ainda se encontra em uso.

Cálculo de  $Q_1$  de acordo com a equação (1):

$$Q_1 = 86,4 \times 2 \times 3,1 \times (30 - (-8) + 5)$$

$$Q_1 = 23034$$

Cálculo de  $Q_2$  de acordo com a equação (2):

$$Q_2 = 18,3 \times 80 \times (83,32 - (-8,79))$$

$$Q_2 = 134849$$

Cálculo de  $Q_4$  de acordo com a equação (5):

$$Q_4 = 36 \times 2 \times 3,6$$

$$Q_4 = 259$$

Cálculo de  $Q_5$  de acordo com a equação (6):

$$Q_5 = 1 \times 1168,82 \times 3$$

$$Q_5 = 3506,5$$

Carga térmica total:

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_4 + Q_5 \quad (7)$$

$$Q_{total} = 161648,5 \text{ kJ}/24h$$

## VI. LEVANTAMENTO DO CONSUMO ATUAL

Tabela I – Carga instalada das câmaras de resfriamento do RU

Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Horas/Dia
Compressores câmara de refrigeração	4	306	24
Compressores câmara congelamento	3	1865	24

De acordo com a equação do consumo temos que a potência do equipamento (P) em watts multiplicado pelas horas (h) de consumo, multiplicado pelos dias que o equipamento permanece ligado (d), multiplicado pela quantidade de equipamentos (n), em um dia de consumo.

$$C = \frac{P \cdot h \cdot d \cdot n}{1000} \quad (8)$$

Para Compressores câmara de refrigeração:

$$C = \frac{306 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 4}{1000}$$

$$C = 881,28 \text{ KWh}$$

Para Compressores câmara de congelamento:

$$C = \frac{1865 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 3}{1000}$$

$$C = 4028,4 \text{ KWh}$$

Totalizando com a soma dos dois consumos (Ct)

$$C_t = 4909,68 \text{ KWh} \quad (9)$$

A carga apresentada é considerada alta, uma vez que não se usam as três câmaras e a que se usa não se utiliza em sua plena capacidade.

Cabe destacar a importância da equipe técnica que forneceram as informações acima.

## VII. PROPOSTA PARA NOVA CÂMARA TÉRMICA DO RU

A nova proposta para substituição das três câmaras atuais do RU de alvenaria por uma câmara pré-moldada (autoportante e desmontável) que possui módulo frigorífico: painel EPS de isolamento, porta frigorífica, equipamento de refrigeração: split system (componentes separados e se necessário remotos) ou monobloco frigorífico (componentes agrupados em um único chassi e fixados na lateral da câmara fria) e acessórios: cortinas termoplástica, cortina de ar, estante em chapa, estrado plástico, alarme de aprisionamento, alarme telefônico entre outros.

De acordo com a carga térmica encontrada:

$$Q_{total} = 161648,5 \text{ kJ}/24h$$

Para uma câmara que atue para suprir a carga térmica levantada o valor em Agosto de 2016 está R\$25.000,00 sem a instalação.

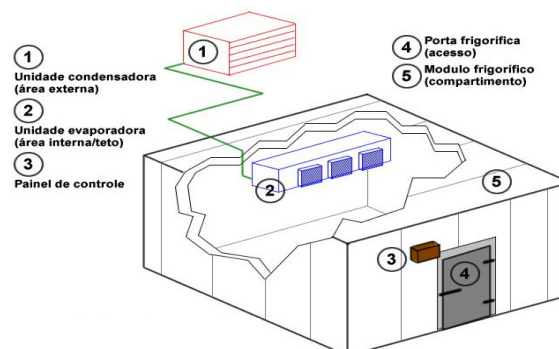


Fig. 2. Esboço de uma câmara frigorífica pré – moldada com os equipamentos e suas disposições.

Sugerimos que em primeiro momento a câmara fique dentro de uma das câmaras já existentes e as outras duas sejam liberadas para outras atividades, uma vez que somente uma câmara está sendo utilizada.

No momento em que o RU provisório estiver sendo utilizado e estiver acontecendo a reforma da sede atual do campos Santa Mônica a câmara frigorífica pré-moldada pode ser montada no local provisório para que a reforma aconteça de forma efetiva.

## VIII. CONCLUSÃO

Concluí – se que o tipo mais prático de câmara frigorífica que se deve construir no Restaurante Universitário é a câmara pré-moldada, pois, como a demanda do RU muda semestralmente, a câmara pode ser modificada com facilidade, seja para maior ou para menor, se adequando a demanda das refeições. Concluímos também que as câmaras existentes hoje no Restaurante não são ideais, pois não são utilizadas por completo, existindo um consumo de energia elétrica desnecessário. Com a terceirização dos serviços do Restaurante, não existe mais a necessidade de se guardar a quantidade de alimentos que eram usados. Foi apresentado, também, como calcular uma nova câmara frigorífica de acordo com a demanda de refrigeração necessária de utilização e o consumo atual das câmaras presentes no RU, além da sugestão e o valor de uma nova câmara pré-moldada que supre o restaurante.

## REFERÊNCIAS

POLAR, Estrela. CÂMARAS FRIGORÍFICAS. Disponível em: <<http://www.estrelapolar.com.br/camara-frigorifica/>>. Acesso em: 04 jul. 2016.

CHAGAS, José Augusto Castro. PROJETO E CONSTRUÇÃO DE CÂMARAS FRIGORÍFICAS. Joinville: York Refrigeration, 2007.

STROBEL, Christian. Refrigeração e Ar condicionado: Carga térmica em instalações frigoríficas. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013.