

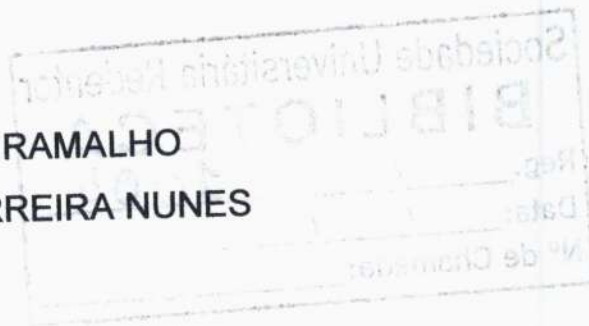
**FACULDADE REDENTOR  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**CRISTIANO ROSA RAMALHO e ANDRÉ HIPÓLITO FERREIRA NUNES**

**CLIMATIZAÇÃO PARA SALA DE CIRURGIA**

**Itaperuna  
2011**

**CRISTIANO ROSA RAMALHO**  
**ANDRÉ HIPÓLITO FERREIRA NUNES**



## **CLIMATIZAÇÃO PARA SALA DE CIRURGIA**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à disciplina Projeto  
Final II, do curso de Engenharia  
Mecânica da Faculdade Redentor  
como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia  
Mecânica sob orientação do Prof.  
Glênio Fernando Daniel.

Orientador: Glênio Fernando Daniel

Itaperuna  
2011

**Sociedade Universitária Redentor**  
**BIBLIOTECA**  
 Reg. 142 / 000001003  
 Data: 04 / 07 / 11  
 Nº de Chamada: \_\_\_\_\_

# CLIMATIZAÇÃO PARA SALA DE CIRURGIA

Trabalho de conclusão de curso  
 apresentado à Faculdade de Engenharia  
 da Universidade Federal de Pernambuco  
 como requisito para obtenção do  
 título de Bacharel em Engenharia  
 Mecânica sob orientação do Prof.  
 Gilson F. Araújo Gomes

Orientador: Prof. Dr. Gilson F. Araújo Gomes

Autores: CRISTIANO ROSA RAMALHO / ANDRÉ HIPÓLITO FERREIRA NUNES

Título: **CLIMATIZAÇÃO PARA SALA DE CIRURGIA**

Natureza: Trabalho de conclusão de curso.

Objetivo: Título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Instituição: Faculdade Redentor

Área de Concentração: Projeto Térmico

Aprovada em: 13 / 09 / 2011

Banca Examinadora:



**Nome:** Glênio Fernando Daniel

**Formação:** Engenheiro Mecânico

Especialista em Máquinas Navais e Educação Superior

**Instituição:** Escola Naval / UFRJ



**Nome:** D.Sc. Amanda Camerini Lima

**Formação:** D.Sc. Engenharia e Ciência dos Materiais

**Instituição:** Universidade Federal Norte Fluminense (Darcy Ribeiro)

**Nome:** Willian Wagner

**Formação:** Engenheiro Mecânico

**Instituição:** Faculdade Redentor

Ao meu pai que já não está mais aqui entre nós, que sempre sonhou em ver seu filho Engenheiro e agora lá de cima me ajudou de forma tão significativa que pude até sentir.

Cristiano.

Ao meu filho que estou prestes a conhecer e que me deu forças para continuar até a conclusão deste objetivo.

André.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por nos ter dado força necessária para completar este projeto.

Aos nossos pais pelo apoio irrestrito ao longo de nossas vidas.

Aos nossos irmãos pela confiança e companheirismo.

Às nossas namoradas pela paciência.

Ao nosso mestre Glênio Fernando Daniel pela oportunidade de aprender com ele e por nos ter dado a honra de ser nosso orientador.

Aos professores Amanda Camerini, Cileny Saroba e Willian Wagner.

Aos nossos amigos e colegas de faculdade pela troca de conhecimento.

À nossa amiga Denise, pelo apoio.

## RESUMO

Este projeto analisa a carga térmica sem simplificações e simplificada para climatização do local objeto de estudo que neste caso é uma sala de cirurgia. Os métodos utilizados para este fim são baseados numa referência bibliográfica sobre os conceitos básicos de ar condicionado e refrigeração. O cálculo sem simplificações do dimensionamento da carga térmica do local foi a partir das instruções contidas na sexta edição do livro INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO, HELIO CREDER 2004 e na NBR 7256. Também foram feitos cálculos por outros dois métodos simplificados, ou seja, com menos parâmetros. O primeiro cálculo foi feito conforme planilha fornecida pela SPRINGER CARRIER, denominado planilha auxiliar e o segundo foi retirado do site da empresa OTIMOAR denominado cálculo simplificado de carga térmica. Para finalizar, foram feitas análises dos resultados dos cálculos e concluiu-se que o método sem simplificações é o método adequado para esta finalidade por se tratar de um ambiente que necessita de um fino controle de temperatura.

**Palavras-chave:** Carga térmica. Métodos de cálculo. Sala de cirurgia. Ar condicionado.

## ABSTRACT

This project analyse the heat load without simplifications and was simplified for the cooling of the location. The object of study in this case is an surgical room. The methods used for this purpose are based on a bibliographic reference on the basics of air conditioning and refrigeration. The calculation without simplifications for the surgical room was taken form the instructions contained in the sixth edition of air conditioning installations, HELIO CREDER 2004 and NBR 7256. Calculations were also made by using two other simplified methods, i.e., with less parameters. First calculations was made according to the instructor manual provided by SPRINGER CARRIER, referred to as auxiliary and the second was taken form the site of the company, OTIMOAR, named simplified calculation of thermal load. Finaly, analysis was performed on the results of calculations and concluded that the method without simplifications is the ideal method for this purpose because it is a specific environment room that requires a greater temperature and pressure control.

**Keywords:** thermal load, calculation methods, operating room, air conditioning.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1 – DIAGRAMA DE PRESSÕES MANOMÉTRICA E ABSOLUTAS.....        | 16 |
| FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CICLO DE CARNOT.....            | 19 |
| FIGURA 3 – DIAGRAMA DE MOLLIER.....                                 | 20 |
| FIGURA 4 – CARTA PSICROMÉTRICA.....                                 | 23 |
| FIGURA 5 – ESQUEMATIZAÇÃO DA CARTA PSICROMÉTRICA.....               | 24 |
| FIGURA 6 – FATORES QUE AFETAM O CONFORTO TÉRMICO.....               | 25 |
| FIGURA 7 – CICLO DE REFRIGERAÇÃO.....                               | 26 |
| FIGURA 8 – CICLO IDEAL DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR..... | 27 |
| FIGURA 9 – DIAGRAMA DE MOLLIER DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO.....      | 28 |
| FIGURA 10 – TIPOS DE COMPRESSORES.....                              | 29 |
| FIGURA 11 – PROCESSO DE COMPRESSÃO NO CICLO TEÓRICO.....            | 29 |
| FIGURA 12 – CONDENSADOR RESFRIADO A ÁGUA.....                       | 31 |
| FIGURA 13 – PROCESSO DE TROCA DE CALOR NO CONDENSADOR.....          | 32 |
| FIGURA 14 – EVAPORADORES DE PLACAS CONFORMADAS.....                 | 33 |
| FIGURA 15 – TROCA TÉRMICA NO EVAPORADOR.....                        | 34 |
| FIGURA 16 – VÁLVULA DE EXPANSÃO TERMOSTÁTICA.....                   | 35 |
| FIGURA 17 – DISPOSITIVO DE EXPANSÃO.....                            | 35 |
| FIGURA 18 – COLETA DE DADOS NA SALA DE CIRURGIA.....                | 38 |
| FIGURA 19 – VISTA AÉREA DO HOSPITAL DAS CLÍNICAS.....               | 39 |
| FIGURA 20 – LÂMPADAS FLUORESCENTES NA SALA DE CIRURGIA.....         | 44 |
| FIGURA 21 – O FOCO.....                                             | 44 |
| FIGURA 22 – BULBO ÚMIDO INTERNO E PONTO DE ORVALHO INTERNO.....     | 46 |
| FIGURA 23 – PONTO DE ORVALHO EXTERNO.....                           | 46 |
| FIGURA 24 – PLANTA BAIXA.....                                       | 48 |
| FIGURA 25 – VALORES MÉDIOS DE H.....                                | 49 |
| FIGURA 26 – DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS.....                            | 54 |
| FIGURA 27 – A UNIDADE DE FILTRAGEM REFRIGERADA.....                 | 61 |

## LISTA DE PLANILHAS

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| PLANILHA 1 – LEVANTAMENTO DA CARGA DOS EQUIPAMENTOS.....             | 47 |
| PLANILHA 2 – RESUMO DOS CÁLCULOS E CARGA TÉRMICA TOTAL.....          | 54 |
| PLANILHA 3 – CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA SIMPLIFICADA.....              | 56 |
| PLANILHA 4 PARTE 1 DE 2 – CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA SIMPLIFICADA..... | 58 |
| PLANILHA 4 PARTE 2 DE 2 – CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA SIMPLIFICADA..... | 59 |

## SUMÁRIO

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| RESUMO.....                                                  | 05 |
| ABSTRACT.....                                                | 06 |
| 1 – INTRODUÇÃO.....                                          | 11 |
| 2 – HISTÓRICO.....                                           | 13 |
| 3 – CONCEITOS BÁSICOS.....                                   | 15 |
| 3.1 – INTRODUÇÃO.....                                        | 15 |
| 3.2 – DEFINIÇÕES.....                                        | 15 |
| 3.3 – PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA.....                     | 18 |
| 3.4 – SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA.....                      | 18 |
| 3.5 – DIAGRAMA DE MOLLIER.....                               | 19 |
| 3.6 – TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....                            | 20 |
| 3.7 – PSICROMETRIA.....                                      | 22 |
| 3.8 – CONFORTO TÉRMICO.....                                  | 24 |
| 3.9 – REFRIGERAÇÃO.....                                      | 25 |
| 3.9.1 - SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR..... | 26 |
| 3.9.2 – COMPONENTES.....                                     | 28 |
| 4 – JUSTIFICATIVA.....                                       | 36 |
| 5 – OBJETIVOS.....                                           | 37 |
| 5.1 – OBJETIVO GERAL.....                                    | 37 |
| 5.1 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                             | 37 |
| 6 – MATERIAIS E MÉTODOS.....                                 | 38 |
| 6.1 – LOCAL DE ESTUDOS.....                                  | 38 |
| 6.2 – DIAGNÓSTICO.....                                       | 39 |
| 6.3 – LEVANTAMENTOS.....                                     | 40 |
| 6.4 – ROTATIVIDADE.....                                      | 40 |
| 7 – A CARGA TÉRMICA.....                                     | 42 |
| 7.1 – INTRODUÇÃO.....                                        | 42 |
| 7.2 – CARACTERÍSTICAS DO VERÃO LOCAL.....                    | 42 |
| 7.3 – INSOLAÇÃO.....                                         | 43 |
| 7.4 – TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONDUÇÃO.....               | 43 |
| 7.5 – ILUMINAÇÃO.....                                        | 43 |
| 7.6 – PESSOAS.....                                           | 44 |
| 7.7 – MOTORES ELÉTRICOS.....                                 | 45 |
| 7.8 – ELETRÔNICOS.....                                       | 45 |

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7.9 – CARGA TÉRMICA TOTAL.....</b>                          | <b>45</b> |
| <b>7.10 - CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA.....</b>                    | <b>45</b> |
| 7.10.1 – DADOS DA SALA DE CIRURGIA.....                        | 45        |
| 7.10.2 – GANHO POR CONDUÇÃO – CALOR SENSÍVEL.....              | 49        |
| 7.10.3 – GANHO POR INSOLAÇÃO – CALOR SENSÍVEL.....             | 51        |
| 7.10.4 – GANHOS DEVIDO ÀS PESSOAS – CALOR LATENTE E SENSÍVEL.. | 51        |
| 7.10.5 – GANHOS DEVIDO AOS EQUIPAMENTOS.....                   | 52        |
| 7.10.6 – GANHOS DEVIDO À INFILTRAÇÃO.....                      | 52        |
| 7.10.7 – RESUMO E CARGA TÉRMICA TOTAL.....                     | 54        |
| 7.10.8 – CARGA TÉRMICA SIMPLIFICADA – SPRINGER CARRIER.....    | 55        |
| 7.10.9 – CARGA TÉRMICA SIMPLIFICADA – PLANILHA OTIMOAR.....    | 57        |
| 7.10.10– SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO.....                           | 60        |
| 7.10.11– CONSUMO.....                                          | 61        |
| 7.10.12– ORÇAMENTO.....                                        | 63        |
| 7.10.13 – ANÁLISE DOS MÉTODOS DE CÁLCULO.....                  | 64        |
| <b>8 – CONCLUSÃO.....</b>                                      | <b>65</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                         | <b>66</b> |

## 1 – INTRODUÇÃO

O cálculo da carga térmica para ar condicionado está embasado no conforto térmico humano. Assim, normas e manuais foram criados para tal cálculo, como as NBR's, entre outras, pelo fato da complexidade, devido à existência de muitas variáveis para cada local a ser climatizado. Por causa desta complexidade e do tempo demandado pelos cálculos, algumas empresas fornecem em seus catálogos, planilhas e formas de cálculo simplificadas, que permitem cálculos de forma mais rápida.

O trabalho mostra a necessidade de se fazer um estudo para a escolha do equipamento, visto que em instalações de ar condicionado, existe a possibilidade real de superdimensionamento ou o contrário o que seria pior. O que ocorre em muitas salas de cirurgia, é que ainda são utilizados aparelhos inadequados, ou seja, que não geram pressão positiva e nem filtros absolutos.

O projeto tem por objetivo dimensionar o aparelho de ar condicionado para a sala de cirurgia do Hospital das Clínicas de Itaperuna. Dimensionamento este que é obtido após efetuados três cálculos de carga térmica e comparados entre si. Os resultados obtidos demonstram a importância de tal comparação, visto que há diferença de resultado entre eles.

Os dados foram obtidos por meio de uma visita técnica onde fotos, medições e uma entrevista com o responsável pela sala de cirurgia completaram o conjunto de informações necessárias.

Trata-se de um projeto onde o controle de temperatura deve ser adequado, então, dos três métodos, utilizados o escolhido foi o sem simplificação, pois nele são utilizados diversos parâmetros tornando o cálculo mais preciso.

A metodologia deste projeto aplica revisões bibliográficas sobre ar condicionado e refrigeração e depois na estimativa da carga térmica sem simplificações e simplificadas.

O aparelho específico para este tipo de ambiente é conhecido por UNIDADE DE FILTRAGEM REFRIGERADA, ou UFR. Este aparelho cria pressão positiva no recinto e por ser dotado de filtro absoluto, retém 99,99% das partículas contaminantes.(CATÁLOGO VECO, 2011).

Na seleção do equipamento observa-se que a vazão mínima de ar total necessária para salas de cirurgia foi atendida adequadamente, pois de acordo com a NBR 7256, esta vazão dever ser de  $75(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^2$  e no projeto esta vazão chega à  $171,06 (\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^2$ . A quantidade de UFR utilizada no projeto são de duas unidades com capacidade de 2 toneladas de refrigeração (TR) e uma unidade com capacidade de 1TR, visto que no cálculo chega-se ao total de 4,27TR.

É apresentado no final um orçamento do aparelho e da instalação, bem como o consumo estimado em kilowatt por aparelho e o custo do consumo de energia em Reais.

## 2 – HISTÓRICO

Existem indícios de procedimentos cirúrgicos feitos há 9000 anos. O médico indiano Sushruta (600 A.C.), é conhecido como o pai da cirurgia devido às numerosas contribuições do mesmo para a arte da cirurgia. Num período do Cristianismo as pessoas doentes abrigavam-se nos mosteiros e como os monges não podiam se envolver com sangue, os barbeiros não só cortavam seus cabelos daquela forma peculiar (corte circular do cabelo na parte superior da cabeça), como também faziam sangrias “depuradoras”. Esta habilidade levou-os a realizar, progressivamente, diversos procedimentos cirúrgicos. ([www.bloguinhos.com](http://www.bloguinhos.com), on line)

No final do século XVI, com o advento da Companhia de Barbeiros na Inglaterra, regulamentaram a profissão de barbeiro-cirurgião e somente no final daquele século e início do XVII a cirurgia foi incluída nas Escolas de Medicina. ([www.medicineisart.blogspot.com](http://www.medicineisart.blogspot.com), on line)

A Anti-sepsia, método através do qual se impede a proliferação de microrganismos em tecidos vivos com o uso de substâncias químicas, os anti-sépticos, é outro grande fato no desenvolvimento da cirurgia, pois com ela começaram as preocupações com a higiene, cicatrização da ferida, trajas adequados como casacas e sobrecasacas entre outras atitudes que foram evoluindo para o que se usa hoje em dia, além de outras mudanças de procedimentos e uso dos anti-sépticos atuais. ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), on line)

Com a preocupação com o ar da sala de cirurgia e sua influência na ocorrência de infecção, Louis Pasteur, em 1865, sugeriu que as infecções de feridas eram causadas pelo ar que soprava sobre elas, o que influenciou Joseph Lister, no mesmo ano, a usar spray de ácido carbólico para reduzir a contaminação do ar. (<http://fatec.org>, on line)

O primeiro equipamento de ar condicionado foi criado em 1897 por Joseph McCreathy, sendo o sistema conhecido como lavador de ar, pois o sistema era baseado no borrifamento de água. Em 1902, Willis Haviland Carrier foi o primeiro a conseguir o controle de temperatura e umidade do ar, inventando o que se chama hoje de aparelho de ar condicionado (<http://fatec.org>, on line), cuja função é climatizar o ambiente por meio do controle de temperatura e da umidade do ar, proporcionando conforto térmico para as pessoas que ali convivem (<http://fatec.org>,

on line). Em 1914, O Allegheny General Hospital, em Pittsburg - USA, instalou o primeiro aparelho de ar condicionado hospitalar. O sistema introduzia umidade extra em um berçário de prematuros, ajudando a reduzir a mortalidade por desidratação (<http://fatec.org>, on line).

As salas limpas de ontem eram semelhantes às de hoje. A principal diferença era a omissão da ventilação positiva. Em 1946, Bourdillon e Colebrook, utilizaram salas com pressão positiva em relação às adjacentes. ([www.refrigeracaoplanet.com.br](http://www.refrigeracaoplanet.com.br), on line)

Em 1961, criou-se o sistema unidirecional ou fluxo laminar, conceito de ventilação que utiliza filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air), os quais são substituíveis e fixados a molduras rígidas, tendo uma eficiência de no mínimo 99,97% na coleta de partículas de até 0,3 microns. Em 1966, pesquisas revelaram que com a utilização do fluxo laminar, reduziu-se de 9 para 1,3% a presença dessas partículas. ([www.arsinco.com.br](http://www.arsinco.com.br), on line) nos ambientes filtrados.

### 3 – CONCEITOS BÁSICOS

#### 3.1 – INTRODUÇÃO

Para a estimativa de carga térmica sem simplificação, é preciso entender alguns conceitos básicos. Estes conceitos envolvem fundamentos de termodinâmica, fundamentos de transferência de calor e algumas propriedades de substâncias usadas em sistemas frigoríficos.

#### 3.2 – DEFINIÇÕES

**Propriedades termodinâmicas** – São características macroscópicas do sistema, tais como: volume, massa, temperatura, pressão, etc.(CREDER, 2004).

**Estado Termodinâmico** - Pode ser entendido como sendo a condição em que se encontra a substância, sendo caracterizado pelas suas propriedades.(MARQUES, 2006).

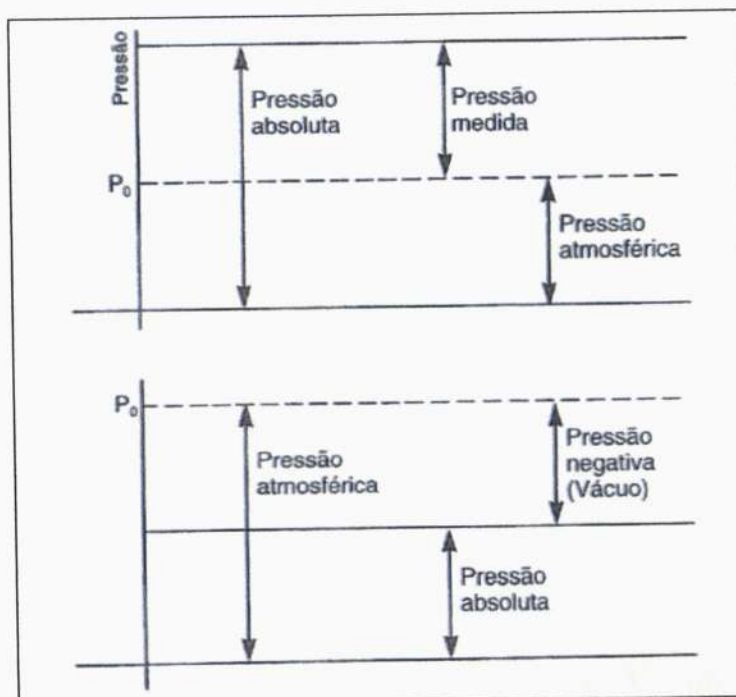
**Processo** - É uma mudança de estado de um sistema. O processo representa qualquer mudança nas propriedades da substância. Uma descrição de um processo típico envolve a especificação dos estados de equilíbrio inicial e final.

**Ciclo** - É um processo, ou mais especificamente uma série de processos, onde o estado inicial e o estado final do sistema (substância) coincidem.(MARQUES, 2006).

**Massa e peso** - “A massa é definida como a quantidade de matéria que constitui um corpo, sendo a massa padrão o quilograma. O peso de um corpo é uma força gravitacional que dirige esse corpo para o centro da Terra.” (CREDER, 2004 p.2).

**Pressão** – “A pressão é definida pela física clássica como força atuando por unidade de área, em termodinâmica só se considera a pressão absoluta, isto é, a pressão medida pelo manômetro acrescida da pressão atmosférica ou dela diminuída, no caso de vácuo.”(CREDER, 2004 p.3).

Na figura 1 observa-se o diagrama de pressões manométricas e absolutas.



**Figura 1:** Diagrama de pressões manométricas e absolutas.  
Fonte: CREDER, 2004.

**Temperatura** – “Pode se dizer que a temperatura, que é uma grandeza escalar, é uma variável termodinâmica. Se dois sistemas estão em equilíbrio termodinâmico, pode-se afirmar que as suas temperaturas são iguais.” (CREDER, 2004 p.5).

**Volume** - O volume de um objeto é a medida que quantifica o espaço por ele ocupado. (MARQUES, 2006).

**Volume específico** – É definido como volume por unidade de massa. (MARQUES, 2006).

**Densidade** - É definida como massa por unidade de volume. (MARQUES, 2006).

**Peso específico** - É definido como o peso por unidade de volume. (MARQUES, 2006).

**Calor** – “Uma “energia” que se transmite do corpo mais quente para o corpo mais frio, por diferença de temperatura. Essa energia, que é aceita como o “calor”, não se transmite apenas entre os dois corpos, mas também às vizinhanças.” (CREDER, 2004 p.8).

**Calor Sensível** - É o calor a ser acrescentado ou retirado de um local devido à diferença de temperatura entre o exterior e o interior, para fornecer condições de

conforto satisfatórias. A introdução desse calor é feito de diversas maneiras, tais como: por condução, pelo Sol, por pessoas, por iluminação, pelo ar exterior etc. Pode ser definido também como o calor que se sente, e é a propriedade que pode ser medida pelo termômetro comum. (CREDER, 2004).

**Calor Latente** – “É a quantidade de calor que se acrescenta ou retira de um corpo, causando a sua mudança de estado, sem mudar a temperatura; é o calor absorvido que provoca a evaporação da água ou de outros líquidos.” (CREDER, 2004 p.17).

**Ar de exaustão** – “Ar retirado do ambiente por meios mecânicos e rejeitado ao exterior.” ( ABNT NBR 7256, 2005 p.2)

**Ar de retorno** – “Ar retirado do ambiente por meios mecânicos; pode ser recirculado ou rejeitado ao exterior.” ( ABNT NBR 7256, 2005 p.2)

**Ar insuflado** – “Ar suprido a um ambiente por meios mecânicos.” ( ABNT NBR 7256, 2005 p.2)

**Ar recirculado** – “Parte do ar de retorno que volta à unidade de tratamento de ar para ser reprocessado.” ( ABNT NBR 7256, 2005 p.2)

**Filtro absoluto** – “Filtro com eficiência igual ou superior a 85% para partículas de 0,3  $\mu\text{m}$ .” ( ABNT NBR 7256, 2005 p.2)

**Filtro HEPA (*High Efficiency Particulate Air Filters*)** – “Filtro absoluto A3, com eficiência igual ou superior a 99,97%.” ( ABNT NBR 7256, 2005 p.2)

**Tratamento de ar** – “Processo que envolve uma ou mais das seguintes funções: insuflamento, exaustão, renovação, movimentação, filtragem, resfriamento, desumidificação, umidificação e aquecimento do ar.” ( ABNT NBR 7256, 2005 p.3)

**Vazão de ar** - “Volume de ar por unidade de tempo, sempre referido ao ar na condição padrão, que corresponde ao nível do mar, temperatura de 21°C e 0 kg/kg de umidade específica e cuja densidade é de 1,204 kg/m<sup>3</sup>.” ( ABNT NBR 7256, 2005 p.3)

**Estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS)** - “Qualquer edificação destinada à prestação de assistência à saúde e à população, em regime de internação ou não, qualquer que seja seu nível de complexidade.” ( ABNT NBR 7256, 2005 p.2)

### 3.3 – PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

A 1ª Lei da Termodinâmica contém diversas propriedades para sua definição, e são elas a temperatura, pressão, volume específico, massa específica, energia interna e entalpia.

As definições de energia interna e entalpia segundo Wylen (2003), seguem abaixo:

**Energia Interna (u)** - É o conteúdo total em energia de um sistema termodinâmico.

Esta forma de energia pode ser decomposta em duas partes:

- a) Energia cinética interna: relacionada à velocidade das moléculas;
- b) Energia potencial interna: relacionada às forças de atração entre as moléculas.

As mudanças na velocidade das moléculas são identificadas, macroscopicamente, pela alteração da temperatura da substância (sistema), enquanto que as variações na posição são identificadas pela mudança de fase da substância (sólido, líquido ou vapor).

**Entalpia (h)** - É conveniente definir esta propriedade termodinâmica como um processo a pressão constante, resultado da combinação  $u + Pv$ , sendo “u” a energia interna, “P” a pressão e “v” o volume específico.

**Trabalho** – Segundo Wylen (2003 p.71), “O trabalho é usualmente definido como uma Força (F) agindo através de um deslocamento x, sendo este deslocamento na direção da força”.

### 3.4 – SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

Em 1824, Sadi Carnot concluiu que: “O calor só pode produzir trabalho quando passa de um nível de temperatura mais alto para um nível mais baixo”. A primeira Lei não respondia a muitas questões como, por exemplo, por que a transformação do calor em trabalho não é completa e o trabalho pode ser completamente convertido em calor? Em outras palavras, alguns processos podem ser realizados em uma direção e não na direção oposta. (CREDER, 2004).

A segunda Lei satisfaz a esta pergunta com a adição de uma nova propriedade a Entropia (S).

A entropia é mensuração da parcela de energia que não pode mais ser transformada em trabalho em transformações termodinâmicas. ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), on line).

**Ciclo de Carnot** - O engenheiro Sadi Carnot concluiu que o sistema constituído por  $n$  moles de um gás ideal, numa máquina térmica, seria submetido a um ciclo composto sucessivamente por: um processo isotérmico, um processo adiabático, um segundo processo isotérmico e um último, adiabático – todos reversíveis. O sentido dos processos do ciclo é: 1-2-3-4-1. (PIRANI, 2004).

**Ciclo Reverso de Carnot** - No sentido inverso ao ciclo de Carnot, tem-se um refrigerador, onde a fonte fria, para ceder calor à fonte quente, necessita receber trabalho mecânico. (PIRANI, 2004).

Segue abaixo a representação gráfica do Ciclo de Carnot.

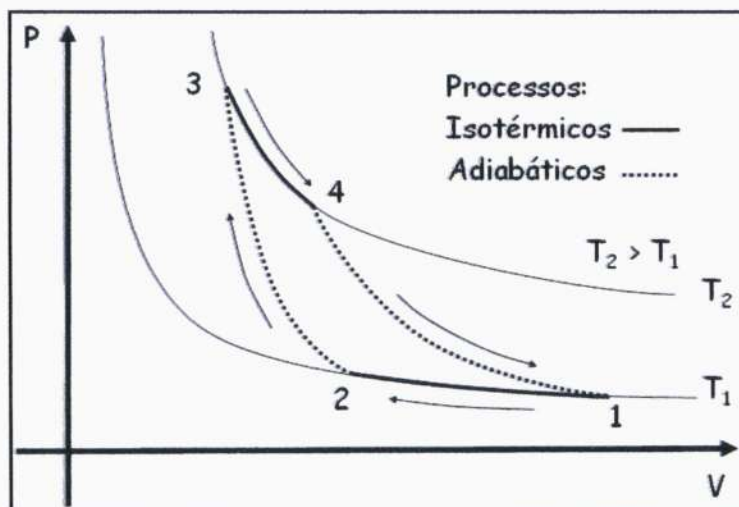


Figura 2: Representação gráfica do ciclo de Carnot.  
Fonte: PIRANI, 2004.

**Refrigerador** - É um dispositivo ao qual se entrega uma quantidade de trabalho para se ter em troca uma quantidade de calor. Tal dispositivo só foi construído muitos anos depois do início dos estudos de máquinas térmicas. ([www.ct.ufrs.br](http://www.ct.ufrs.br), on line)

### 3.5 – DIAGRAMA DE MOLLIER

De acordo com o Curso Completo de Refrigeração "on line" (2010), este diagrama mostra no eixo da abscissa a entalpia e na ordenada a pressão absoluta, que servem para apresentar as propriedades dos fluidos, representando de forma

clara o ciclo termodinâmico da refrigeração e assim possibilita a visualização do estado físico deste fluido em todas as etapas do ciclo. Este diagrama é representado na figura 3.

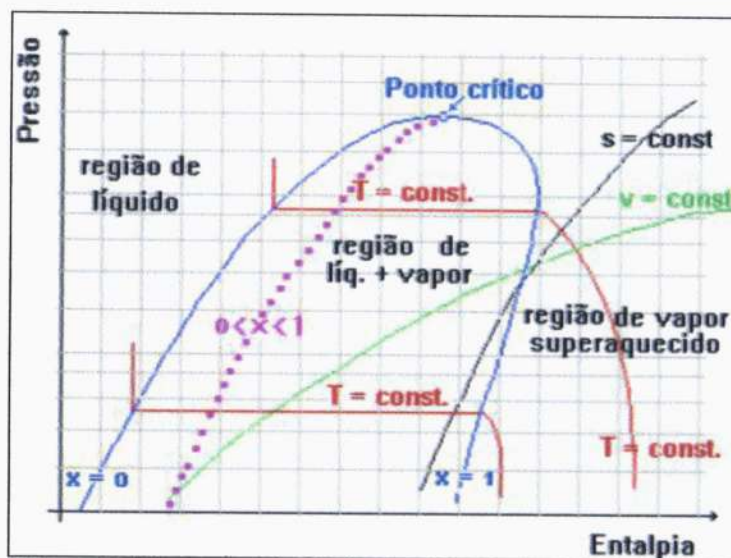


Figura 3: Diagrama de Mollier.  
Fonte: PIRANI, 2004.

### 3.6 – TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Transferência de calor é a energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperatura. Ela sempre ocorrerá quando esta diferença de temperatura estiver em um meio ou entre meios diferentes. (INCROPERA, 2008).

O calor pode ser transferido de 3 (três) formas distintas, são elas:

**Transferência de calor por condução** – transferência de calor ocorrida através de um meio estacionário, que pode ser um sólido ou um fluido. Essa transferência de calor ocorre das partículas de maior energia para as partículas de menor energia devido às interações entre elas. (INCROPERA, 2008).

Quantificando os processos de transferência de calor em equações apropriadas é possível calcular a energia transferida por unidade de tempo.

$$q''_x = -k \frac{dT}{dx}$$

Onde:

$q''_x$  - taxa de transferência de calor na direção de x por unidade de área.

$\frac{dT}{dx}$  - gradiente de temperatura

$k$  - constante de proporcionalidade

**Transferência de calor por convecção** – Segundo Incropera (2002), é a transferência de calor ocorrida entre uma superfície e um fluido em movimento, quando estes estão em temperaturas diferentes. Este modo de transferência de calor consiste em um movimento coletivo de um grande número de moléculas ou na forma de agregados.

Este tipo de transferência de calor pode ser classificada em dois tipos de acordo com a natureza do escoamento. A convecção forçada ocorre quando o escoamento é provocado por meios externos como um ventilador ou um exaustor. Na convecção livre ou convecção natural o escoamento ocorre por diferença de densidade no fluido. Esta diferença de densidade, por sua vez, é provocada pela variação da temperatura.

**Transferência de calor por radiação** – Incropera (2002), diz que a transferência de calor por radiação se dá na ausência de um meio que se interponha entre duas superfícies de diferentes temperaturas, já que toda superfície, que tenha uma temperatura não nula, emite calor na forma de ondas eletromagnéticas, que não precisam de um meio para se propagar.

O poder emissivo das superfícies pode ser calculado segundo a lei de Stefan-Boltzmann.

$$E = \varepsilon \sigma T_s^4$$

Onde:

$E$  - poder emissivo

$\varepsilon$  - emissividade

$\sigma$  - constante de Stefan-Boltzmann

$T_s$  - temperatura absoluta

A taxa na qual todo tipo de radiação incide sobre uma superfície é chamada irradiação  $G$ . O material no qual essa irradiação incide aumenta sua energia térmica

absorvendo parte dela ou toda ela. A taxa na qual essa absorção acontece é chamada absorvidade  $\alpha$ .

### 3.7 – PSICROMETRIA

Segundo (PIZZETTI,1970), na psicrometria estuda-se as misturas de ar e vapor d'água, isto é, o estudo do ar úmido, daí a sua importância. Em alguns casos a água é adicionada e em outros a água é retirada.

A psicrometria possui parâmetros importantes para o cálculo de carga térmica e com eles podem ser definidos as condições de conforto térmico para o ser humano.

**Umidade absoluta** – “é a quantidade de vapor presente na mistura de vapor. A umidade absoluta é expressa em kg d'água por m<sup>3</sup> de ar”. (CREDER, 2004 p.31)

**Umidade relativa** – “é a relação entre a umidade absoluta existente e a máxima umidade absoluta a uma dada temperatura, ou seja, quando o ar estiver saturado de vapor”. (CREDER, 2004 P.31)

**Umidade específica ( $\omega$ )** – A relação entre a massa de vapor d'água e a massa do ar seco. ([www.agr.feis.unesp.br](http://www.agr.feis.unesp.br), on line)

$$\omega = \frac{\text{massa de vapor d'água}}{\text{massa de ar seco}}$$

**Ponto de orvalho** – “Chama-se ponto de orvalho, a temperatura abaixo da qual se inicia a condensação, à pressão constante, do vapor d'água contido no ar”. (CREDER, 2004 p.32)

**Temperatura de bulbo úmido (TBU)** – Se o bulbo de um termômetro for coberto com uma mecha de algodão saturado com água, a sua temperatura descera primeiro rapidamente e depois lentamente até atingir um ponto estacionário. A leitura neste ponto é chamada de temperatura de bulbo úmido do ar. ([www.agr.feis.unesp.br](http://www.agr.feis.unesp.br), on line)

**Temperatura de bulbo seco (TBS)** - é a temperatura indicada por um termômetro comum. ([www.agr.feis.unesp.br](http://www.agr.feis.unesp.br), on line)

**Carta psicrométrica** – O Curso Completo de Ar Condicionado (2010) diz que é a representação gráfica dos parâmetros mencionados para o condicionamento do ar. A figura a seguir mostra a carta psicrométrica em detalhes.

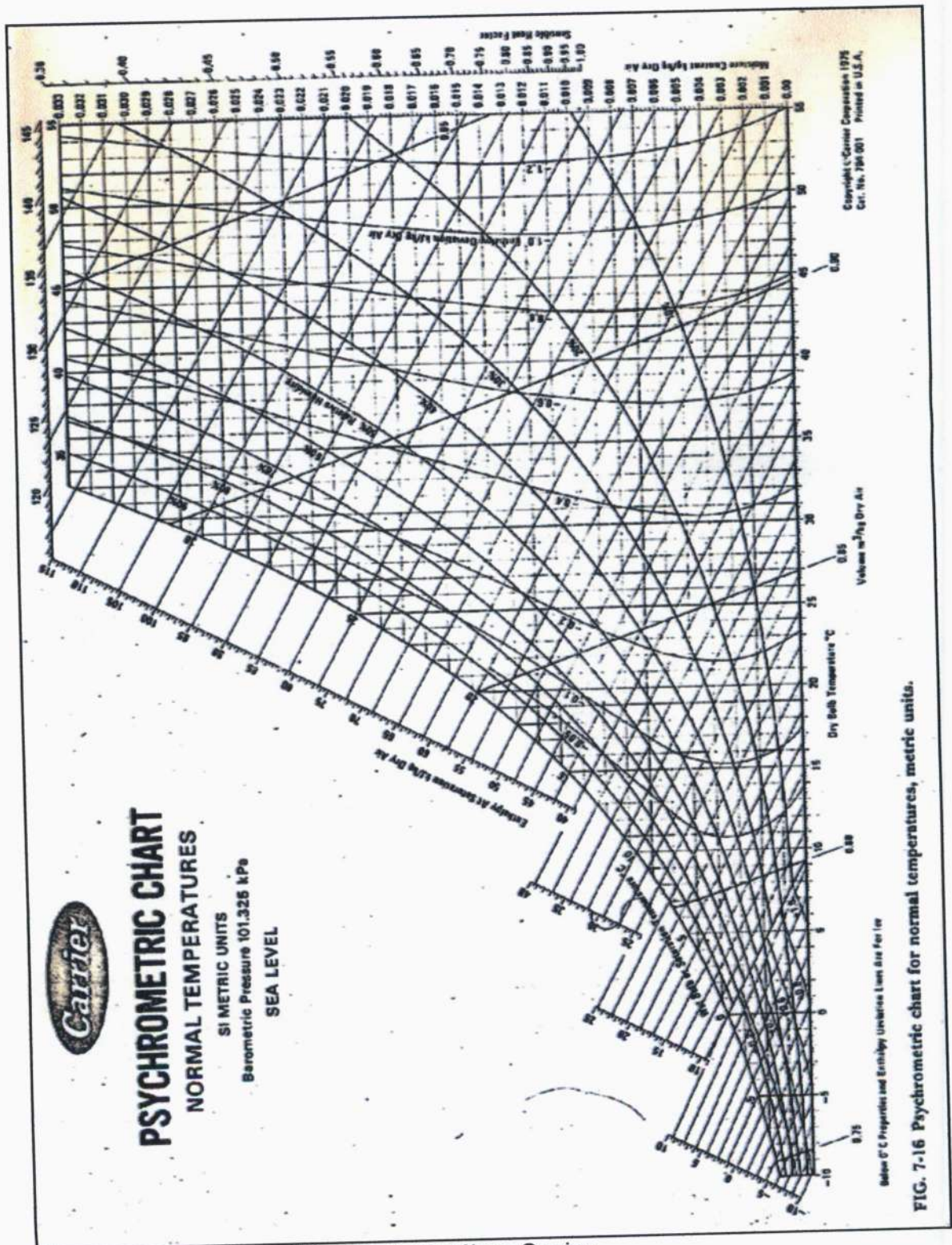
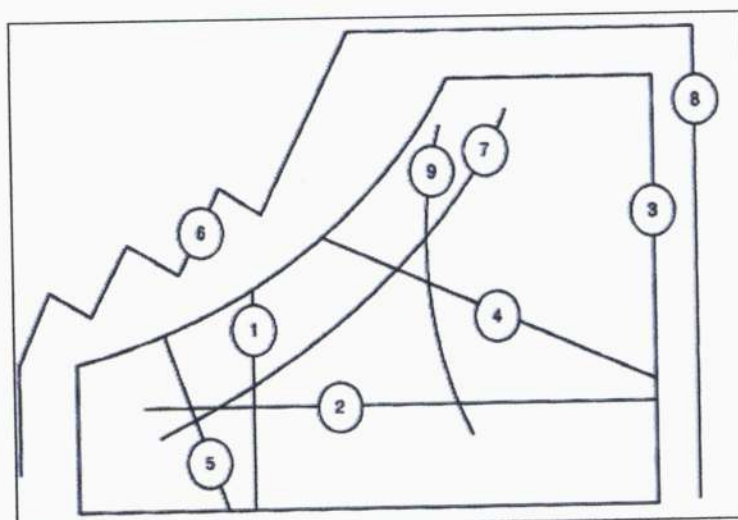


FIG. 7-16 Psychrometric chart for normal temperatures, metric units.

Figura 4: Carta Psicrométrica. Fonte: Catálogo Carrier

A figura 5 mostra a esquematização da carta psicrométrica.



**Figura 5:** Esquematização da Carta Psicrométrica.  
Fonte: CREDER, 2004.

Essa carta é constituída das seguintes partes:

- 1 - linha de temperatura do bulbo seco (BS), em °C;
- 2 - linha da umidade específica em kg de umidade p/kg de ar seco;
- 3 - linha da escala de umidade específica (UE);
- 4 - linha da temperatura de bulbo úmido (BU), em °C;
- 5 - linha do volume específico em m<sup>3</sup> de mistura p/kg de ar seco;
- 6 - linha de escalas de entalpia (h) em kJ/kg de ar seco na saturação;
- 7 - linha da umidade relativa (UR) em %;
- 8 - linha da razão de calor sensível (RCS) igual ao Calor sensível/Carga térmica
- 9 - linha do desvio da entalpia em relação à entalpia específica na saturação.

### 3.8 – CONFORTO TÉRMICO

Segundo Pizzeti (1970), para se determinar a carga térmica, é preciso entender o significado de conforto térmico e o seu fundamento.

O conforto térmico é a condição ideal de temperatura e umidade que proporciona a sensação de bem-estar nas pessoas presentes no ambiente em questão. A figura abaixo mostra os fatores que afetam o conforto térmico.

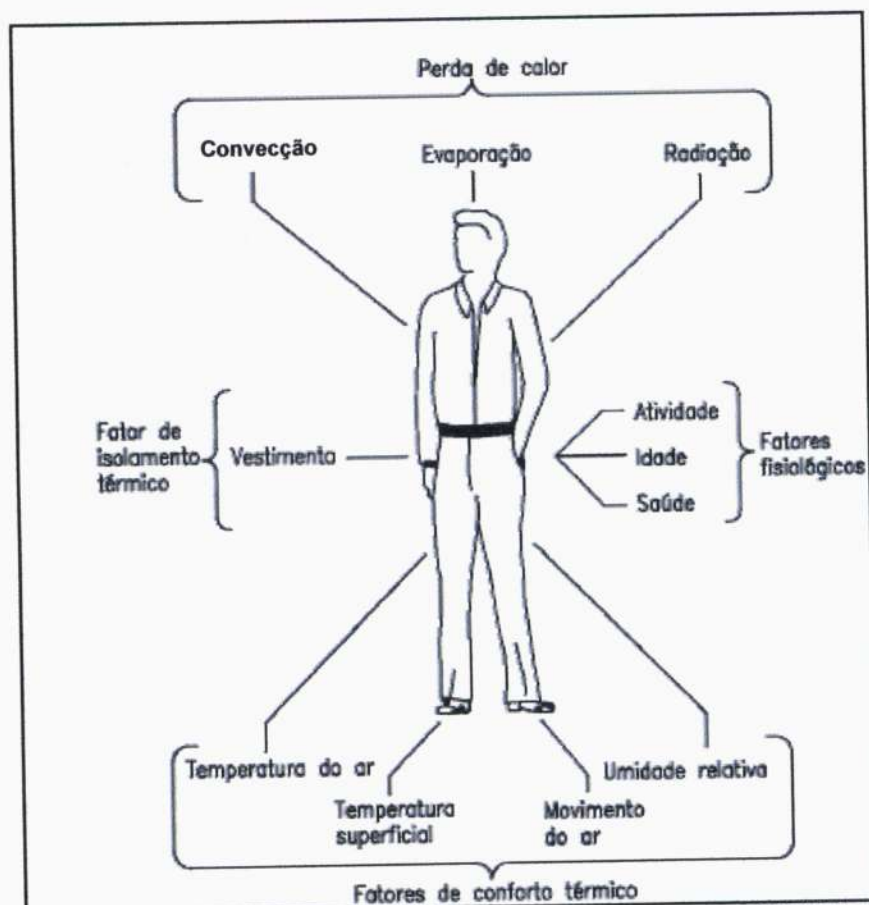


Figura 6: Fatores que afetam o conforto térmico. Fonte: PIZZETI, 1970

Segundo Pizzeti (1970), o conforto térmico é afetado pelos seguintes fatores: temperatura, umidade, circulação do ar, radiação de superfícies vizinhas, odores, poeiras e ruídos. Os parâmetros fundamentais para ar condicionado são: umidade, velocidade e pureza do ar e temperatura do ar.

### 3.9 – REFRIGERAÇÃO

O sistema de refrigeração tem como objetivo principal a remoção de calor do local onde ele não é desejado. Este calor é retirado dos alimentos para preservação de suas qualidades e sabor, do ar ambiente estabelecendo o conforto térmico humano, ou de qualquer outro local ou material caso necessário. (PIRANI, 2004).

Ainda segundo Pirani (2004), a transferência de calor neste sistema se dá através do ciclo de refrigeração, onde o refrigerante, que flui continuamente nos tubos faz a troca de calor com o ambiente externo. Para isto ocorrer se faz necessária a existência de alguns dispositivos essenciais para a manutenção do

ciclo e para que sempre exista a troca de calor. Evaporador, compressor, condensador e dispositivos de expansão, são tais dispositivos vistos na figura 7 a seguir.

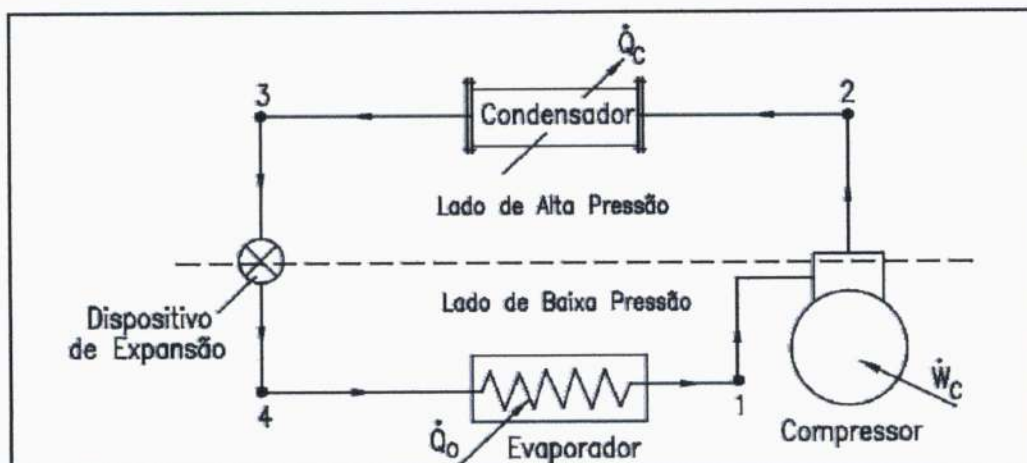


Figura 7: Ciclo de refrigeração. Fonte: PIRANI, 2004

### 3.9.1– Sistema de refrigeração por compressão de vapor

Suponhamos um líquido dentro de um recipiente onde existe vácuo e nele a temperatura é constante, ele se evaporará imediatamente quando introduzido. Neste processo, o calor latente de vaporização, é fornecido pelas paredes do recipiente. Segundo Miller (2008), o efeito de resfriamento resultante é o princípio fundamental do ciclo de refrigeração por compressão de vapor.

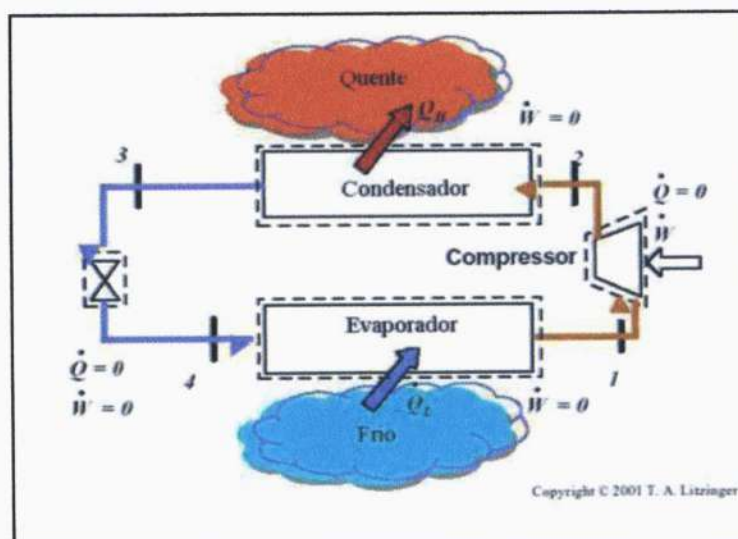
Ainda de acordo com Miller (2008), o líquido vai se evaporando e com isto a pressão dentro de recipiente aumenta até que atinge a pressão de saturação. Ao fim desta etapa nenhuma quantidade de líquido será evaporada e o resfriamento cessará. Caso seja adicionado mais líquido, este permanecerá no mesmo estado no fundo do recipiente. Caso seja removido vapor do recipiente a pressão cairá causando uma evaporação adicional do líquido. Assim, este processo pode ser chamado contínuo, e para isto, necessitamos de um fluido adequado, ou seja, o refrigerante; um recipiente para a realização da evaporação e o resfriamento, conhecido como evaporador; e o dispositivo para retirada do vapor, o compressor.

Este sistema apresentado desta forma não tem nenhuma praticidade, já que o consumo de refrigerante se dá continuamente, então é

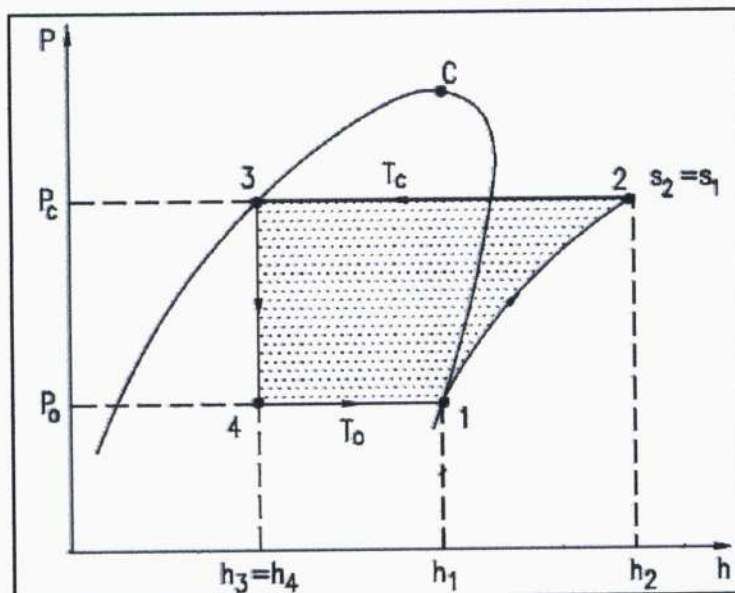
melhor transformar este sistema num ciclo, onde o vapor retorna ao estado líquido sendo resfriado e condensado no dispositivo chamado condensador. Para isso, é utilizado ar ou água como meio para refrigeração. A pressão de vapor que correspondente à temperatura de condensação deve ser bem mais elevada do que a pressão no evaporador. O aumento desejado de pressão é promovido pelo compressor. (MILLER, 2008).

Para completar o ciclo é feito a inclusão do dispositivo de expansão, uma válvula ou outro dispositivo regulador, para ser usado na injeção de líquido no evaporador. (MILLER, 2008).

No ciclo teórico é apresentado um ciclo ideal aproximado ao real afim de ser usado como comparação. Na figura abaixo, o sistema e seus componentes são representados, seguido da figura 9 onde está o diagrama de Mollier no plano  $P \times h$ .



**Figura 8:** Ciclo ideal de refrigeração por compressão de vapor.  
Fonte: Curso Completo de Refrigeração on line, 2010.



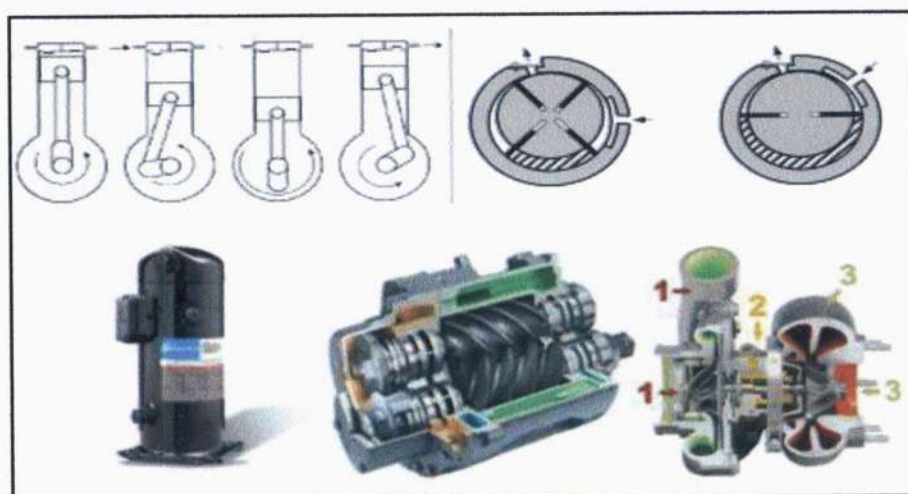
**Figura 9:** Diagrama de Mollier do sistema de refrigeração.  
Fonte: PIRANI, 2004

- Processo 1-2. (Compressão adiabática) Ocorre no compressor onde o vapor saturado que sai do evaporador é comprimido no compressor aumentando a pressão, tornando o vapor superaquecido. Para este, é necessário trabalho externo no compressor.
- Processo 2-3. (Rejeição isotérmica de calor) Vapor superaquecido que sai do compressor e troca calor no condensador à pressão constante, resfriando-se até o ponto 3, chamado de líquido saturado.
- Processo 3-4. (Expansão adiabática) No dispositivo de expansão, o líquido saturado vindo do condensador sofre uma diminuição de pressão, sendo um processo isoentálpico e irreversível, saindo na forma de vapor úmido do dispositivo de expansão.
- Processo 4-1. (Recebimento isotérmico de calor) Acontece no evaporador, num processo de transferência de calor a pressão constante, e conseqüentemente a temperatura constante, desde vapor úmido (estado 4), até atingir o estado de vapor saturado seco.

### 3.9.2 – Componentes

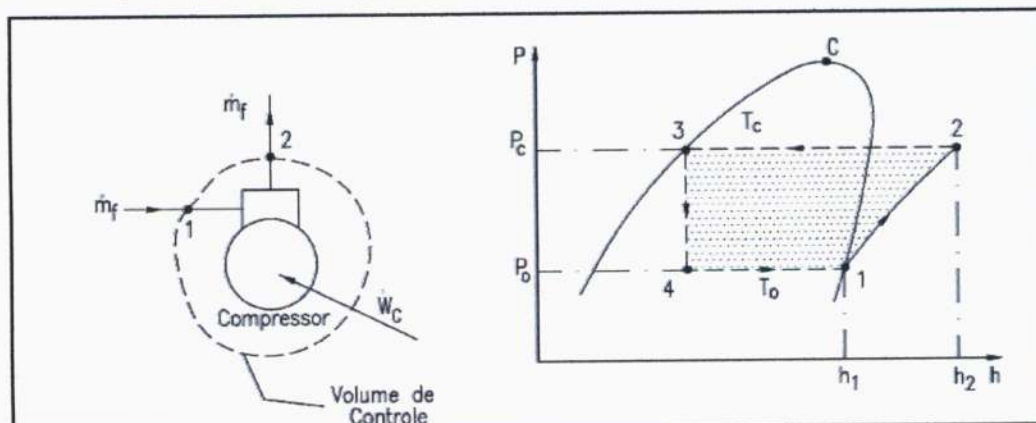
Os sistemas de refrigeração são compostos basicamente por quatro dispositivos que permitem o funcionamento do ciclo de forma contínua.

**Compressor** – O compressor é o coração do sistema de compressão de vapor e entre os tipos existentes podemos citar os alternativos, parafuso, centrífugo, palhetas e scroll. Eles ainda são classificados de acordo com a sua disposição em herméticos, semi-herméticos e abertos. Para se escolher o compressor ideal deve ser levado em consideração alguns fatores como: tipo de fluido, potência para atender a compressão necessária da carga térmica. Na figura 10 mostra-se alguns tipos de compressores. (STOECKER, 1985 & MILLER, 2008)



**Figura 10:** Tipos de compressores. Fonte: STOECKER, 2008.

A eficiência de compressão é a razão entre a potência teórica necessária ao compressor ( $W_c$ ), para comprimir o refrigerante em um dado ciclo (processo 1- 2), e a potência real consumida no eixo do compressor para realizar o ciclo real entre a mesma diferença de pressão. A figura 11 mostra o processo de compressão.



**Figura 11:** Processo de compressão no ciclo teórico. Fonte: Curso Completo de Refrigeração on line, 2010.

$$\eta_c = \frac{\dot{W}_c}{\dot{W}_{eixo}}$$

Esta eficiência depende do tipo do compressor. Para os alternativos abertos, esta eficiência é da ordem de 65 a 70%.

A potencia teórica segundo Stoecker (1985), é quantidade de energia por unidade de tempo que deve ser fornecida ao fluido refrigerante, no compressor, afim de se conseguir um aumento na pressão necessária do ciclo teórico, aplicando a primeira lei da termodinâmica tem-se:

$$\dot{W}_c = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

Onde:

$\dot{W}_c$  – Trabalho teórico de compressão

$\dot{m}$  - Fluxo de massa do refrigerante no sistema

$h_2$  - Entalpia na entrada do compressor

$h_1$  - Entalpia na saída do compressor

O uso de um compressor fora da sua faixa de aplicação pode resultar nas seguintes conseqüências:

- Perda de rendimento;
- Superaquecimento;
- Alto consumo de energia;
- Redução drástica da vida útil e
- Perda da capacidade de partida.

**Condensadores** - Os condensadores são dispositivos de troca de calor constituídos por serpentinas de tubos ou placas. Nestes tubos o fluido refrigerante passa fazendo a troca de calor entre o meio que se encontra o aparelho e o fluido, ou seja, usando algum método de resfriamento o

condensador transforma vapor superaquecido que sai do compressor em líquido saturado.

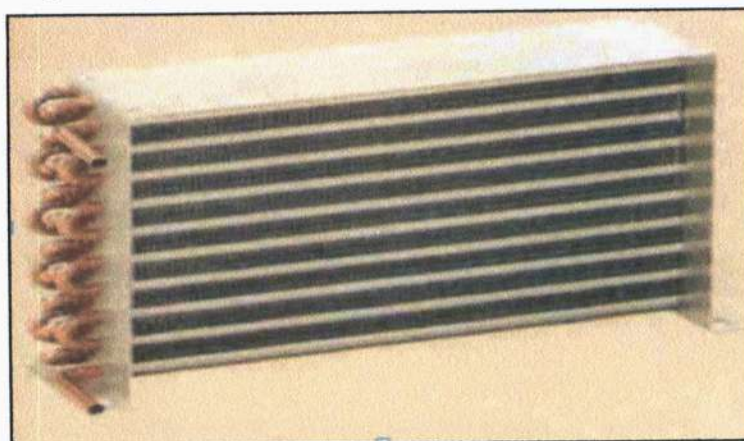
Geralmente, este dispositivo juntamente ao compressor se localiza em unidade externa ao ambiente a ser condicionado. A seleção de qualquer tipo de condensador depende de alguns detalhes a serem considerados, tais como, temperatura de evaporação, temperatura de condensação, etc..

“O calor entregue pelo vapor refrigerante ao meio de condensação abrange tanto o calor absorvido no evaporador quanto o calor de compressão. Assim, o condensador sempre possui uma carga que é a soma destes calores.” (MILLER, 2008, p.214)

Os condensadores podem ser classificados de acordo com o método utilizado para resfriar o refrigerante, em condensadores resfriados a água e resfriados a ar. Para a seleção de condensadores resfriados a ar devem ser levados em consideração diversos fatores, tais como: consumo de energia, instalação, disponibilidade, nível de ruído, etc. Os condensadores resfriados a água, quando limpos e corretamente dimensionados, operam de forma mais eficiente que os condensadores resfriados a ar, especialmente em períodos de elevada temperatura ambiente. (PIRANI, 2004)

Outra classificação também pode ser feita segundo sua disposição: condensador de carcaça e serpentina, duplo tubo, carcaça e tubo e evaporativos.

Na figura 12 tem-se um modelo de condensador e na figura 13 a representação do processo de troca de calor no condensador.



**Figura 12:** Condensador resfriado a água. Fonte: PIRANI, 2004.

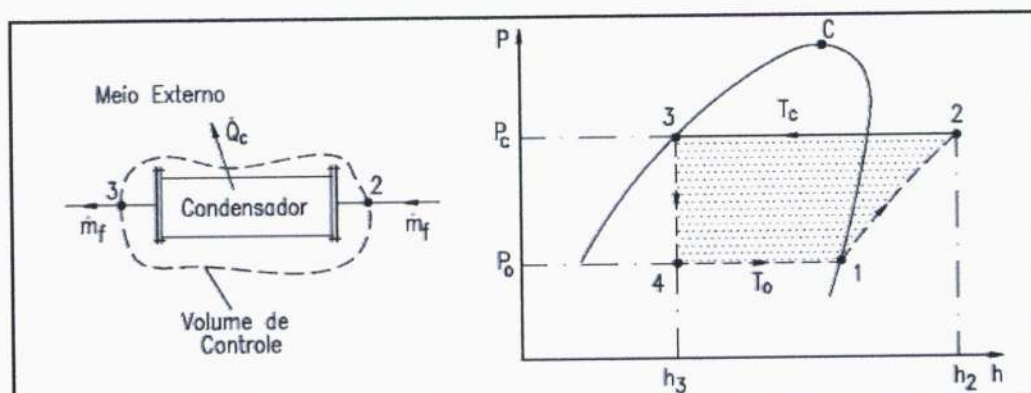


Figura 13: Processo de troca de calor no condensador. Fonte: PIRANI, 2004

Aplicando a primeira lei da termodinâmica para volumes de controle no condensador podemos obter a seguinte fórmula para fluxo de calor:

$$\dot{Q}_c = \dot{m} (h_2 - h_3)$$

Onde:

$\dot{Q}_c$  - Calor rejeitado pelo fluido

$h_2$  - entalpia na entrada do condensador

$h_3$  - entalpia na saída do condensador

**Evaporadores** - Este equipamento tem por fim a remoção de calor do espaço a ser resfriado através da troca de calor do refrigerante que passa pelas serpentinas de tubos (como nos condensadores). (PIRANI, 2004).

Na maioria das vezes temos o evaporador como um equipamento simples, mas trata-se do componente mais importante do ciclo. (PIRANI, 2004).

Ainda segundo Pirani (2004), todo sistema de refrigeração é projetado, instalado e operado com o único fim de retirar calor, como esse calor tem que ser absorvido pelo evaporador, a eficiência do sistema depende do projeto e da operação adequada do mesmo.

De acordo com o Curso Completo de Ar Condicionado on line, esta eficiência depende de três fatores:

- A superfície deve ser suficientemente grande para a absorção da carga de calor necessária e ao mesmo tempo sem uma grande diferença de temperatura entre o fluido e o ambiente.

- O espaço deve ser suficiente tanto para o fluido como para a separação do vapor do refrigerante do líquido.
- Este espaço também deve ser adequado para uma perfeita circulação do fluido sem que haja uma queda de pressão excessiva entre a entrada e a saída.

Ao escolher um evaporador, alguns fatores devem ser levados em consideração tais como: carga térmica, refrigerante, temperatura de evaporação, temperatura de condensação. (PIRANI, 2004).

Os evaporadores classificam-se quanto a sua disposição ou forma de construção. O evaporador de serpentina de placas é feito de lâminas planas de metal interligadas por curvas de tubos soldadas a placas contíguas, são mais utilizados como serpentinas de congeladores. O evaporador tubular é utilizado em aparelhos de ar condicionado e são semelhantes, em aparência, ao condensador tubular. O evaporador de Baldelot, é um equipamento que resfria o líquido até uma temperatura próxima ao seu ponto de congelamento. O líquido a resfriar escorre, numa fina película, por fora dos tubos, e o refrigerante circula por dentro deles. (MILLER, 2008).

Os evaporadores ainda podem ser classificados de acordo com a forma de alimentação (secos ou inundados), quanto ao fluido a resfriar (evaporadores para ar, líquidos e de contato). (MILLER, 2008). Na figura a seguir, tem-se alguns evaporadores.



**Figura 14:** Evaporadores de Placas Conformadas.  
Fonte: Curso Completo de Refrigeração on-line, 2010.

Na figura 15 a seguir, tem-se a representação da troca térmica no evaporador.

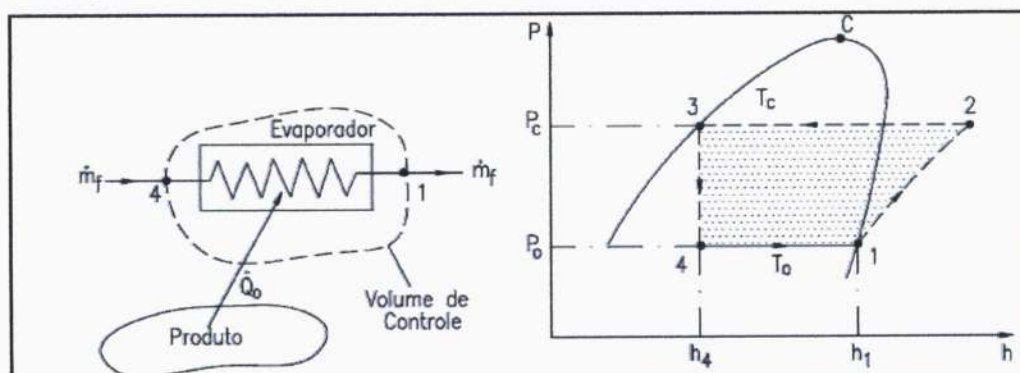


Figura 15: Troca térmica no evaporador. Fonte: PIRANI, 2004

Aplicando a 1ª lei da termodinâmica, para volume de controle em regime permanente temos:

$$\dot{Q}_0 = \dot{m} (h_1 - h_4)$$

Onde:

$\dot{Q}_0$  - Carga térmica

$h_1$  - entalpia na saída do evaporador

$h_4$  - entalpia na entrada do evaporador

**Dispositivos de expansão** - Ao passar de uma região de alta pressão para uma de baixa pressão, o refrigerante é evaporado. Esta queda de pressão reduz sua temperatura de saturação para uma abaixo da temperatura ambiente. Assim pode-se controlar o grau de resfriamento controlando-se a quantidade de gás refrigerante que flui para a região de baixa pressão. Este mecanismo que controla o fluxo de refrigerante é chamado dispositivo de expansão. (MILLER, 2008).

Os tipos mais usados de dispositivos de expansão são: válvula de expansão eletrônica, válvula bóia, válvula termostática e tubo capilar. (PIRANI, 2004). Segue abaixo a figura 16 com a válvula de expansão termostática.

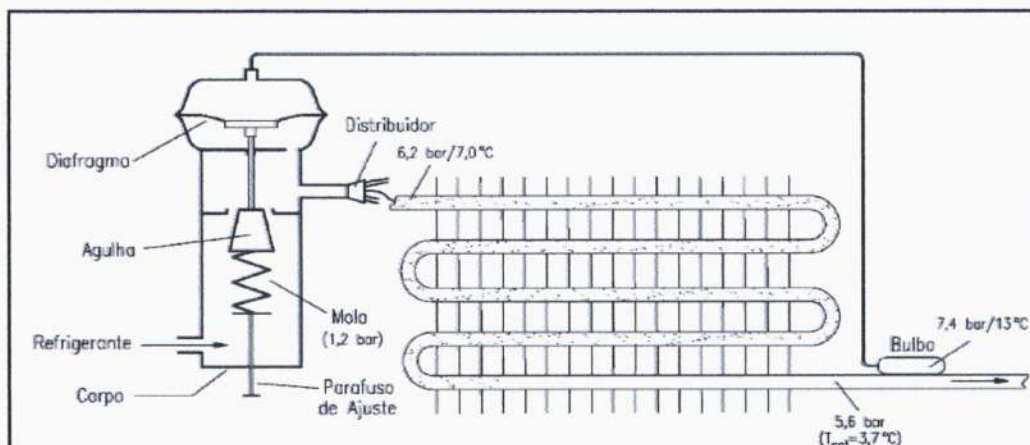


Figura 16: Válvula de expansão termostática. Fonte: PIRANI, 2004

A seguir a figura 17 representa esquematicamente o dispositivo de expansão.

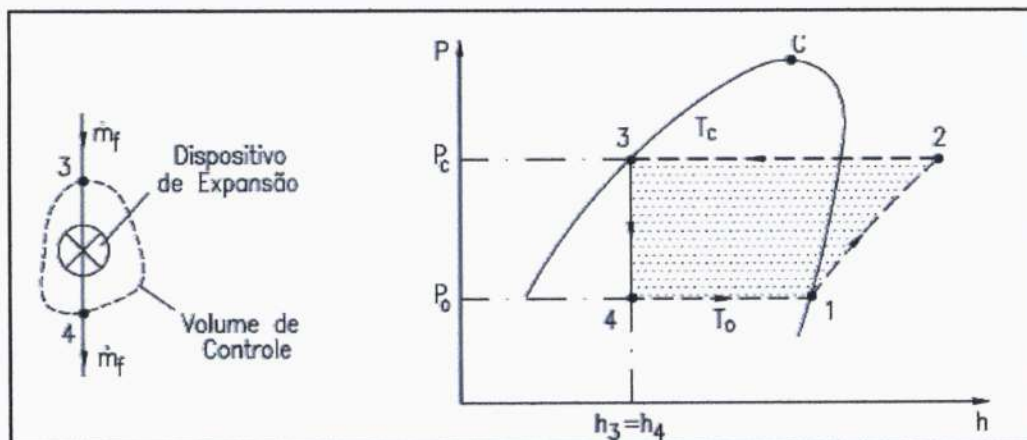


Figura 17: Dispositivo de expansão. Fonte: PIRANI, 2004

Aplicando a 1ª lei da termodinâmica, para volume de controle em regime permanente, fazendo as considerações para que os cálculos possam ser feitos, tem-se a seguinte fórmula:

$$h_3 = h_4$$

Com  $h_3 = h_4$ , mostra-se que o sistema é adiabático.

#### **4 – JUSTIFICATIVA**

O presente projeto se baseia na análise do sistema de ar condicionado da sala de cirurgia do Hospital das Clínicas de Itaperuna. Esta análise será feita com o intuito de melhorar este sistema de condicionamento de ar.

Considerando que salas cirúrgicas são ambientes com tratamento diferenciado se comparados com ambientes residenciais e comerciais, o sistema deverá proporcionar um controle da temperatura ambiente, uma condição de conforto adequada, além de insuflamento de ar limpo que proporcione pressão positiva evitando-se assim a entrada de agentes contaminantes no ato de abrir a porta.

## **5 – OBJETIVOS**

### **5.1 – OBJETIVO GERAL**

Este projeto tem por objetivo dimensionar um sistema de ar condicionado adequado para a sala de cirurgia do Hospital das Clínicas de Itaperuna utilizando-se de comparação entre métodos de cálculos de carga térmica sem simplificações e simplificados.

### **5.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para que o objetivo geral seja alcançado se faz necessário atender os seguintes objetivos específicos:

- Tomar todas as medidas da sala de cirurgia;
- Levantar toda a carga térmica da sala cirúrgica;
- Estudar as condições de ambiente externo e interno da sala;
- Calcular a carga térmica;
- Dimensionar o aparelho de ar condicionado;
- Escolher o aparelho de ar condicionado;
- Fazer o orçamento do projeto;

## 6- MATERIAIS E MÉTODOS

Uma vez dentro da sala, as primeiras explicações são relacionadas aos aparelhos que são usados em uma cirurgia. A frequência que elas são realizadas e quantas pessoas geralmente estão presentes.

As ferramentas utilizadas para a coleta dos dados da sala foram uma trena para as medições, um caderno de anotações e uma máquina fotográfica.

A figura que segue mostra a mesa cirúrgica utilizada na sala.



**Figura 18:** Coleta de dados na sala de cirurgia. Fonte: Acervo pessoal

No detalhe da figura 18 pode ser observado o traje e uma das ferramentas utilizadas na coleta dos dados.

### 6.1 – LOCAL DE ESTUDOS

O local de estudos deste projeto foi a sala de cirurgia do Hospital das Clínicas da cidade de Itaperuna-RJ, antiga Casa de Saúde e Maternidade Santa Terezinha.

O estabelecimento tem como opção de internação as modalidades executivas, particular, convênio e SUS, e é dotado agora de novo centro cirúrgico, com sete salas de cirurgia, nova cozinha, nova lavanderia, nova recepção com TV e ar condicionado, cinquenta quartos, novos equipamentos, novo refeitório, tudo muito amplo e moderno.

O novo hospital possui também banheiros adaptados para deficientes físicos, novo CTI com nove leitos, sala de espera com TV, pronto socorro, laboratório entre outras novidades.

Em 2009 o hospital colocou a disposição dos pacientes o plantão 24 Horas, as especialidades de Cardiologia e Ortopedia além de Pediatria, Obstetrícia e Clínica Geral que já estavam em funcionamento.

Os planos dos proprietários são de ampliar ainda mais o hospital com a construção de outros pavimentos. Na próxima figura segue vista aérea do hospital.



Figura 19: Vista aérea do Hospital das Clínicas. Fonte [www.google.com](http://www.google.com)

## 6.2 - DIAGNÓSTICO

A sala cirúrgica do Hospital das Clínicas não é diferente das outras salas de hospitais de mesmo porte. Os equipamentos existentes são os mais comuns nestes

recintos. Não é uma sala muito grande já que mede 4,9m por 4,95m onde o piso é em mármore e as paredes revestidas de azulejos na cor branca. O aparelho de ar condicionado já estava instalado na posição correta, ou seja, orientado para a porta, sendo este o ponto quente da sala.

### **6.3 - LEVANTAMENTOS**

Os equipamentos e as medidas relevantes ao cálculo da carga térmica foram levantados no local e seguem listados abaixo:

- 01 TV monitor de plasma 18 polegadas
- 01 Fonte de alimentação
- 01 Fonte para micro câmera
- 01 Insuflador
- 01 Aparelho de DVD
- 01 Vídeo Cassete
- 01 Bisturi Elétrico
- 01 Foco com 8 lâmpadas
- 01 Aparelho de anestesia – Datex
- 01 Monitor cardíaco
- 04 Lâmpadas fluorescentes 40W
- 01 Negadoscópio
- 01 Mesa de cirurgia elétrica KSS
- 01 Aspirador
- As medidas 4,9m de largura X 4,95m comprimento X 2,9m altura

### **6.4 - ROTATIVIDADE**

Nesta sala acontecem, em média, cerca de três intervenções cirúrgicas por dia o que perfazem noventa cirurgias por mês. Cada cirurgia leva, em média, quatro horas, porém como o aparelho de ar condicionado é ligado trinta minutos antes de cada procedimento, sua atividade em cada cirurgia é, no total, de quatro horas e meia.

A quantidade de pessoas envolvidas, bem como a função de cada uma na cirurgia está a seguir:

- 02 Médicos
- 01 Anestesista
- 01 Instrumentista
- 01 Circulante
- 01 Paciente

Para efeito do cálculo de carga térmica foi levado em consideração o dobro de pessoas envolvidas, pois se estimou a possibilidade de haver uma cirurgia de transplante de órgãos que demanda um maior número de envolvidos.

## **7 – A CARGA TÉRMICA**

### **7.1 – INTRODUÇÃO**

O presente projeto baseou-se na NBR 6401, na NBR 7256 e no Livro Instalações de Ar Condicionado de Helio Creder 6ª Edição. Este material fornece dados imprescindíveis para a estimativa das condições externas e internas para o ambiente que será estudado. Todas as tabelas utilizadas aqui estão nos anexos. Antes de entrar nos cálculos definem-se as características do ambiente:

- Posição geográfica;
- Tipo de ambiente a ser condicionado;
- Material utilizado em sua construção;
- Características externas (cor, sombra, etc);
- Equipamentos;
- Pessoas;
- Iluminação;
- Portas;

Definem-se também os aspectos que influenciam os resultados da carga térmica de forma direta:

- Transmissão de calor pelo sol;
- Temperatura de bulbo úmido, seco e a umidade relativa;
- Transferência de calor pela cobertura e pela parede;
- Iluminação;
- Transmissão de calor pelo piso, parede e por vidro;
- Motores elétricos;
- Carga das pessoas;
- Carga dos eletrônicos;

### **7.2 – CARACTERÍSTICAS DO VERÃO LOCAL**

Definidas as características do ambiente, devem ser encontradas as temperaturas de bulbo úmido, a umidade relativa e a temperatura de bulbo seco.

As condições externas admitidas foram de 35°C de TBS e 30° de TBU. As condições internas para o verão são de 21°C de TBS de acordo com o anexo 7 e de 14,6°C TBU encontrada no psycrométrico pelo Software catt 2.

### **7.3 – INSOLAÇÃO**

A insolação varia de acordo com as estações do ano devido à inclinação do eixo terrestre e da distância do sol a terra que também varia.

A insolação acontece por causa da presença de vidros nas janelas que permitem a entrada da radiação.

Encontrada a insolação, é feita a correção através da TBS e TBU.

### **7.4 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONDUÇÃO**

Neste cálculo da transferência de calor na parede, no teto e no piso, é preciso saber os coeficientes de transferência de calor (U) para ambos que dependem do tipo de parede, teto ou piso existentes. Após esta definição, é calculada a área da parede externa, mas neste caso isto não é necessário já que não existem paredes externas.

### **7.5 – ILUMINAÇÃO**

Não se pode deixar de lado a iluminação, pois através dela também se irradia calor. A iluminação na sala de cirurgia é feita por lâmpadas fluorescentes e lâmpadas incandescentes. No caso das lâmpadas incandescentes este calor é ainda maior. As próximas figuras 20 e 21 mostram a iluminação na sala de cirurgia.



**Figura 20:** Lâmpadas fluorescentes na sala de cirurgia  
**Fonte:** Acervo pessoal



**Figura 21:** O foco. Fonte: Acervo pessoal

## 7.6 – PESSOAS

A carga térmica referente às pessoas é dada de acordo com a NBR 6401, pelo calor sensível e latente liberado pelos ocupantes neste ambiente para a temperatura de bulbo seco nas condições internas.

Outro fator levado em consideração é o grau de atividade das pessoas presentes. Como foram considerados dois pacientes, estes foram calculados como sentados e os demais foram considerados em exercício moderado.

## 7.7 – MOTORES ELÉTRICOS

O cálculo da carga térmica dos motores elétricos em kcal/h, ou seja, o calor sensível levando em consideração o(s) motor(es) presentes no ambiente estudado é feito da seguinte forma:

$$Q = \frac{HP \cdot 641}{\eta}$$

Onde:

HP - Potência do motor

$\eta$  - Rendimento

## 7.8 – ELETRÔNICOS

A potência de todos os aparelhos eletrônicos presentes no ambiente são considerados como carga térmica sensível.

## 7.9 – CARGA TÉRMICA TOTAL

É o somatório do calor sensível total com o calor latente total, geralmente dada em [BTU/h], [TR] ou [kcal/h].

## 7.10 – CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

### 7.10.1 – Dados da sala de cirurgia

Trata-se de uma sala de cirurgia situada no segundo piso do Hospital das Clínicas na cidade de Itaperuna-RJ. A sala é cercada por outros ambientes e não tem qualquer contato com o ambiente externo a não ser pelo teto que é uma laje simples sem rebaixamento. O piso é de mármore sobre um ambiente não condicionado, as paredes são dotadas de azulejo na cor branca. As condições externas são 35°C de bulbo seco e 30°C de bulbo úmido. As condições internas são de 21°C de bulbo seco (NBR 7256, p 3), 14,6°C de bulbo úmido e 50% de umidade relativa. A temperatura de bulbo

úmido e o ponto de orvalho externo são encontrados pela carta psicrométrica, no entanto foi utilizado aqui o software catt 2 fornecido pelo livro Fundamentos da Termodinâmica, 6ª edição Van Wylen. Nas figuras 22 e 23 seguem as fotos tiradas do catt 2 com o devido dimensionamento.

| Psychrometric Properties |          |                     |
|--------------------------|----------|---------------------|
| Temperature              | 21       | °C                  |
| Wet Bulb Temp.           | 14,6     | °C                  |
| Enthalpy                 | 60,77    | kJ/kg (dry air)     |
| Absolute Humidity        | 0,007728 | kg water/kg dry air |
| Relative Humidity        | 50       | %                   |
| Dew Point Temp.          | 10,19    | °C                  |
| Excess Water             | 0        | kg water/kg dry air |

**Figura 22:** Bulbo úmido e ponto de orvalho interno.

Fonte Van Wylen – Fundamentos da Termodinâmica 6ª edição.

| Psychrometric Properties |         |                     |
|--------------------------|---------|---------------------|
| Temperature              | 35      | °C                  |
| Wet Bulb Temp.           | 30,06   | °C                  |
| Enthalpy                 | 119,7   | kJ/kg (dry air)     |
| Absolute Humidity        | 0,02516 | kg water/kg dry air |
| Relative Humidity        | 70      | %                   |
| Dew Point Temp.          | 28,7    | °C                  |
| Excess Water             | 0       | kg water/kg dry air |

**Figura 23:** Ponto de orvalho externo.

Fonte Van Wylen – Fundamentos da Termodinâmica 6ª edição.

**Medidas da sala** - A área total é de 24,26m<sup>2</sup> com 2,9m de pé direito.

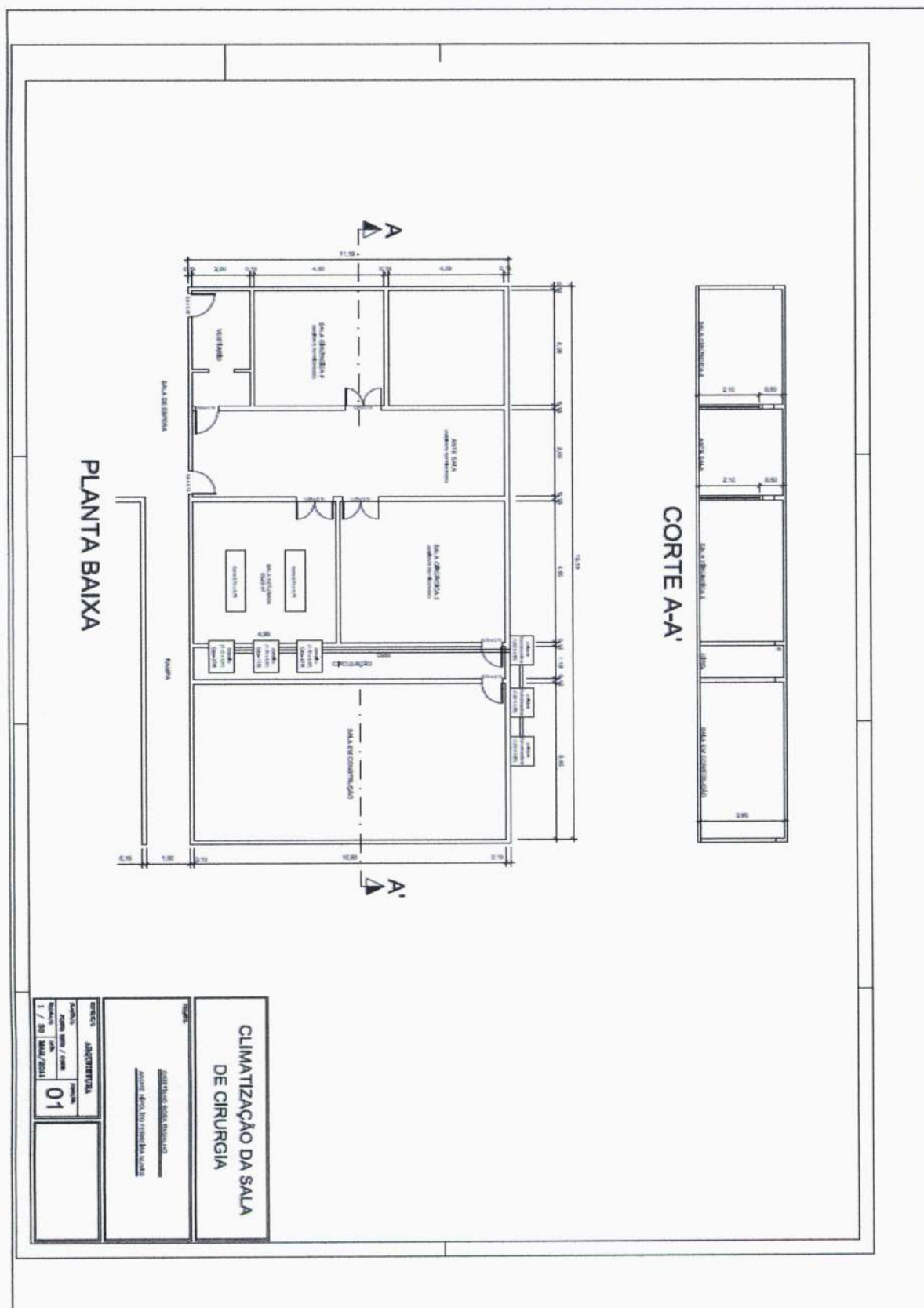
**Medidas da porta** - 1,25m de largura X 2,13m de altura.

**Equipamentos** - Ver planilha e a seguir:

**Planilha 1: Levantamento da carga dos equipamentos**

| Equipamento           | Quantidade | Potência (W) | Potência Total |
|-----------------------|------------|--------------|----------------|
| insuflador            | 02         | 85           | 170            |
| tv plasma 18 monitor  | 01         | 06           | 06             |
| lampadas              | 04         | 40           | 160            |
| microcamera           | 01         | 02           | 02             |
| fonte                 | 02         | 300          | 600            |
| dvd                   | 01         | 20           | 20             |
| video cassete         | 01         | 20           | 20             |
| bisturi elétrico      | 02         | 100          | 200            |
| 1 foco com 8 lampadas | 16         | 50           | 800            |
| aparelho de anestesia | 02         | 2200         | 4400           |
| monitor cardiaco      | 02         | 165          | 330            |
| negatoscopio          | 02         | 48           | 96             |
| mesa cirurgica        | 02         | 2200         | 4400           |
| aspirador             | 02         | 21           | 42             |
| TOTAL                 |            |              | 11246          |

A seguir na figura 24, tem-se a planta baixa da sala de cirurgia, com as devidas instalações dos aparelhos e também a projeção de um corredor para a passagem das tubulações e comunicação da grelha de retorno bem como do aparelho de ar condicionado propriamente dito.



**Figura 24:** Planta baixa. Fonte: Acervo pessoal.

### 7.10.2 – Ganho por condução – Calor sensível

A sala de cirurgia objeto do estudo não possui paredes externas nem janelas. Os únicos pontos a serem levados em consideração nos ganhos por condução são as paredes divisórias, piso e o teto.

- **Paredes divisórias**

$$Q = AUD$$

Onde:

Q = fluxo de calor em kcal/h;

A = área em m<sup>2</sup> ;

U = coeficiente global de transmissão de calor em kcal/h.m.°C;

D = diferença de temperatura em °C.

$$\text{Área} = 28,42 + 28,71 = 57,13\text{m}^2$$

$$\text{Filme do ar exterior} = 1/h = 1/7,13 \text{ (ar parado de acordo com a figura 25)} = 0,14$$

$$1 \text{ emboço interno de 2cm } 1/C = 1 / 2,39 = 0,42 \text{ (anexo 1)}$$

$$\text{Tijolo comum (meia vez) } 1/k = (1/0,62) \times 0,1 = 0,161 \text{ (anexo 1)}$$

$$1 \text{ emboço externo de 2cm } 1/C = 1 / 2,39 = 0,42 \text{ (anexo 1)}$$

$$\text{Filme do ar interior} = 1/h = 1/7,96 = 0,125$$

$$\text{Resistência total: } R = 0,14 + 0,42 + 0,161 + 0,42 + 0,125 = 1,26$$

$$U = 1/R = 0,8 \text{ kcal/h.m.}^\circ\text{C}$$

Valores médios para h são:

$$\text{ar parado} = 1,46 \text{ a } 1,63 \text{ BTU/h ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} = 7,13 \text{ a } 7,96 \text{ kcal/h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\text{ar a } 12\text{km/h} = 4,0 \text{ BTU/h ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} = 19,5 \text{ kcal/h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\text{ar a } 24\text{km/h} = 6,0 \text{ BTU/h ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} = 29,3 \text{ kcal/h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

**Figura 25:** Valores médios de h. Fonte: Creder (2004)

$$\text{Temperatura média exterior} = (26+28+21+22)/4 = 24,25^\circ\text{C}$$

$$\text{Diferença de temperatura } D = 24,25 - 21 = 3,25^\circ\text{C}$$

$$\text{Logo, } Q = AUD = 57,13 \times 0,8 \times 3,25 = 148,54 \text{ kcal/h}$$

- **Teto**

Para o teto a espessura da laje no cálculo de U (anexo 1)

$$\text{Área} = 4,9 \times 4,95 = 24,255 \text{m}^2$$

Teto com 10cm (areia, cimento e brita) (anexo 1)

$$\text{Filme interior} = 1/7,13 = 0,14 \text{ (figura 25)}$$

$$\text{Resistência do concreto} = 0,1/1,48 = 0,067 \text{ (anexo 1)}$$

$$\text{Resistência do emboço} = 1/2,39 = 0,418$$

$$\text{Filme exterior} = 1/19,5 = 0,05$$

$$\text{Resistência total: } R = 0,14 + 0,067 + 0,418 + 0,05 = 0,675$$

$$U = 1/R = 1,48 \text{ kcal/h.m.}^\circ\text{C}$$

$$\text{Diferença de temperatura } D = 35 - 21 = 14^\circ\text{C}$$

Logo,

$$Q = AUD = 24,255 \times 14 \times 1,48 = 502,56 \text{ kcal/h}$$

- **Piso**

Para o piso a espessura da laje no cálculo de U (anexo 1)

$$\text{Área} = 4,9 \times 4,95 = 24,255 \text{m}^2$$

Piso com 10cm (areia, cimento e brita) (anexo 1)

$$\text{Filme interior} = 1/7,13 = 0,14 \text{ (figura 25)}$$

$$\text{Resistência do concreto} = 0,1/1,48 = 0,067 \text{ (anexo 1)}$$

$$\text{Resistência do piso (nata de cimento com areia)} = 1/0,62 = 1,62$$

$$\text{Resistência do emboço} = 1/2,39 = 0,418$$

$$\text{Filme exterior} = 1/7,13 = 0,14$$

$$\text{Resistência total: } R = 0,14 + 0,067 + 1,62 + 0,418 + 0,14 = 2,385$$

$$U = 1/R = 0,42 \text{ kcal/h.m.}^\circ\text{C}$$

$$\text{Diferença de temperatura } D = 26 - 21 = 5^\circ\text{C}$$

Logo,

$$Q = AUD = 24,255 \times 5 \times 0,42 = 50,94 \text{ kcal/h}$$

$$QT = 148,54 + 502,56 + 50,94 = 702,04 \text{ kcal/h}$$

### 7.10.3 – Ganho por insolação – Calor sensível

- **Teto**

Consultando o anexo 2, tem-se a cor do teto que neste caso é média. Assim o diferencial de temperatura fica em  $16,6^{\circ}\text{C}$ .

Como o U já foi calculado em  $1,48 \text{ kcal/h.m.}^{\circ}\text{C}$  e a área em  $24,26\text{m}^2$  o ganho por insolação fica assim:

$$Q = AUD = 595,89 \text{ kcal/h}$$

### 7.10.4 – Ganho devido às pessoas – Calor latente e sensível

Segundo Creder (2004), como a umidade é vapor superaquecido, ela aumenta a carga térmica latente. Todo ser humano emite calor latente e sensível que variam conforme o indivíduo esteja em repouso ou em atividade.

- **Deitadas**

Quantidade = 2

Fator sensível = 75,1 (anexo 3)

Fator latente = 24,9 (anexo 3)

$$Q_s = 2 \times 75,1 = 150,2 \text{ kcal/h}$$

$$Q_l = 2 \times 24,9 = 49,8 \text{ kcal/h}$$

- **Em exercício moderado**

Quantidade = 10

Fator sensível = 88 (anexo 3)

Fator latente = 78,1 (anexo 3)

$$Q_s = 10 \times 88 = 880 \text{ kcal/h}$$

$$Q_l = 10 \times 78,1 = 781 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{sensível total}} = 1030,2 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{latente total}} = 830,8 \text{ kcal/h}$$

### 7.10.5 – Ganho devido aos equipamentos

Segundo Creder (2004 p. 100), “os motores elétricos, quer dentro do recinto em qualquer ponto do fluxo de ar, quer mesmo nos ventiladores, adicionam carga térmica ao sistema”. Isto também é válido para os demais aparelhos elétricos e eletrônicos considerados neste estudo.

- **Luz incandescente**

Na iluminação incandescente, multiplica-se os watts por 0.86.

$$Q = 800 \times 0,86 = 688 \text{ kcal/h}$$

- **Luz fluorescente**

Na iluminação fluorescente, o fator é 1,2 devido ao reator.

$$Q = 160 \times 1,2 = 192 \text{ kcal/h}$$

- **Demais aparelhos**

$$2 \text{ insufladores} \times 85\text{W} = 170\text{W}$$

$$1 \text{ tv plasma} \times 6\text{W} = 6\text{W}$$

$$1 \text{ microcâmara} \times 2\text{W} = 2\text{W}$$

$$2 \text{ fontes} \times 300\text{W} = 600\text{W}$$

$$1 \text{ dvd} \times 20\text{W} = 20\text{W}$$

$$1 \text{ vídeo cassete} \times 20 = 20\text{W}$$

$$2 \text{ bisturis elétricos} \times 100\text{W} = 200\text{W}$$

$$2 \text{ aparelhos de anestesia} \times 2200\text{W} = 4400\text{W}$$

$$2 \text{ monitores cardíacos} \times 265 = 330\text{W}$$

$$2 \text{ negadoscópios} \times 48 = 96\text{W}$$

$$2 \text{ mesas cirúrgicas} \times 2200\text{W} = 4400\text{W}$$

$$2 \text{ aspiradores} \times 21\text{W} = 42\text{W}$$

$$\text{Total} = 10286\text{W} \times 0,86 = 8845,96\text{Kcal/h}$$

$$Q_{\text{total}} = 688 + 192 + 8845,96 = 9727,96 \text{ kcal/h}$$

### 7.10.6 – Ganho devido à infiltração

Neste projeto apenas ocorrem infiltrações pela porta. Existem dois métodos de cálculo, o método das trocas de ar e o método das frestas. No

método de cálculo por troca de ar por hora dos recintos, é aquele que se baseia com o número de portas ou janelas consultando o anexo 5 e este método dá o calor sensível. Já para o método das frestas de acordo Creder (2004), a penetração do ar exterior no interior do recinto depende da velocidade do vento. Após estudos feitos em laboratórios mostrados no anexo 6, multiplicados pelo comprimento linear da fresta, dão a quantidade de calor que penetra no recinto. Este último método apresenta o calor latente.

- **Infiltração pelas portas – método das trocas de ar, calor sensível**

$$Q_s = Q \times 0,29(t_s - t_i)$$

$$Q_s = 13(\text{anexo 6}) \times 6,76(\text{perímetro}) \times 0,29 \times (22 - 21) = 25,49 \text{ Kcal/h}$$

- **Infiltração pelas portas – método das frestas, calor latente**

$$Q_l = 583 \times (U_{e2} \times U_{e1}) \times \gamma \times Q$$

Onde,

$Q_l$  = calor latente em kcal/h;

$U_{e2}$  = umidade específica do ar no interior em kg/kg ar seco

$U_{e1}$  = umidade específica do ar na entrada em kg/kg de ar seco

$\gamma$  = peso específico do ar em kg/m<sup>3</sup>

$Q$  = fluxo de ar em m<sup>3</sup>/h. (anexo 7)

$$Q_l = 583 \times 0,0252 (\text{anexo 12}) \times 0,00775 (\text{anexo 12}) \times 1,2 \times 75$$

$$Q_l = 10,25 \text{ kcal/h}$$

### 7.10.7 – Resumo e carga térmica total

Na planilha 2 abaixo são apresentados o resumo e o resultado final do cálculo de carga térmica sem simplificações.

**Planilha 2:** Resumo dos cálculos e carga térmica total.

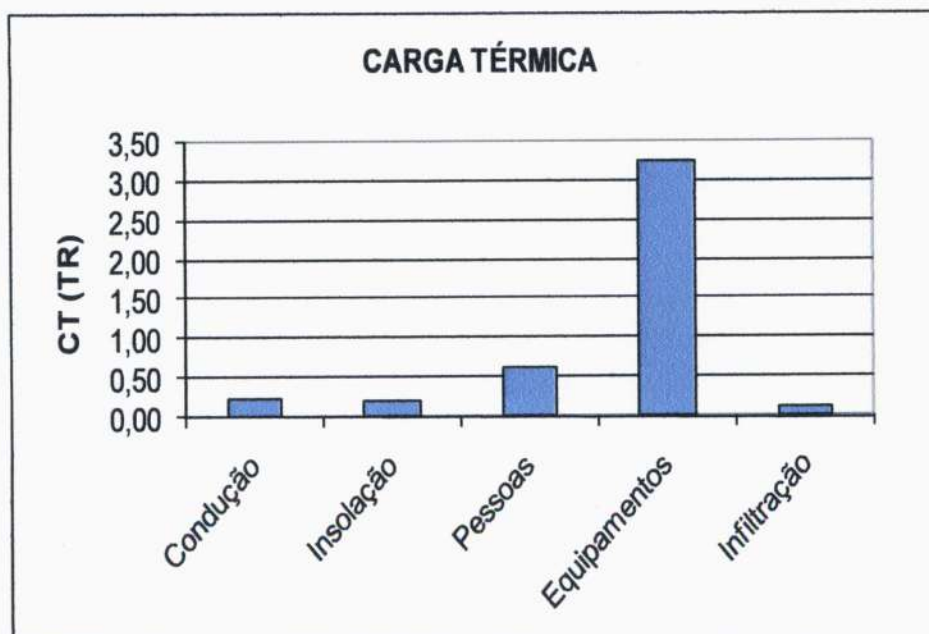
|                | Calor Sensível |   | Calor Latente |   |
|----------------|----------------|---|---------------|---|
|                | kcal/h         | w | kcal/h        | w |
| Condução       | 702,04         |   | 0,00          |   |
| Insolação      | 595,90         |   | 0,00          |   |
| Pessoas        | 1030,20        |   | 830,80        |   |
| Equipamentos   | 9725,96        |   | 0,00          |   |
| Infiltração    | 25,49          |   | 10,25         |   |
| Total Sensível | 12079,58       |   | 0,00          |   |
| Total Latente  |                |   | 841,05        |   |
| Calor Total    | 12920,63       |   |               |   |

|     |          |   |   |          |    |   |          |
|-----|----------|---|---|----------|----|---|----------|
| BTU | 12920,63 | + | = | 12920,63 | x4 | = | 51682,51 |
|-----|----------|---|---|----------|----|---|----------|

|                           |                            |   |      |                           |
|---------------------------|----------------------------|---|------|---------------------------|
| Toneladas de refrigeração | $\frac{12920,63}{3024,00}$ | = | 4,27 | Toneladas de Refrigeração |
|---------------------------|----------------------------|---|------|---------------------------|

Na figura abaixo se tem a distribuição das cargas.



**Figura 26:** Distribuição das cargas. Fonte: Acervo pessoal

#### **7.10.8 – Carga térmica simplificada – Springer Carrier**

Como dito anteriormente, neste projeto serão apresentados três tipos de cálculo de carga térmica. O primeiro, que foi apresentado anteriormente, é o método sem simplificações. O que será apresentado sob forma de planilha a seguir é o método simplificado fornecido pelo fabricante Springer.

Planilha 3: Cálculo de carga térmica simplificada. Fonte: Springer Carrier

## CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA - (CCT)



turn to the experts

## PLANILHA AUXILIAR

| HOSPITAL DAS CLÍNICAS                                    |  |  |                      |  |                 |                   |               |                  |                                         |
|----------------------------------------------------------|--|--|----------------------|--|-----------------|-------------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|
| AV CARDOSO MOREIRA                                       |  |  |                      |  | ITAPERUNA       |                   |               |                  |                                         |
| Precedências do Calor                                    |  |  | Unidades<br>m2 watts |  | FATORES         |                   |               | Unidade x Fator  | Necessidade de<br>Refrigeração (kcal/h) |
| <b>Tipo 1 - Janelas c/insolação</b>                      |  |  |                      |  | Sem proteção    | Proteção Int.     | Proteção Ext. |                  |                                         |
| 1.1 - Norte                                              |  |  |                      |  | 240             | 115               | 70            |                  |                                         |
| 1.2 - Nordeste                                           |  |  |                      |  | 240             | 95                | 70            |                  |                                         |
| 1.3 - Este                                               |  |  |                      |  | 270             | 130               | 85            |                  |                                         |
| 1.4 - Sudeste                                            |  |  |                      |  | 200             | 85                | 70            |                  |                                         |
| 1.5 - Sul                                                |  |  |                      |  | 0               | 0                 | 0             |                  |                                         |
| 1.6 - Sudoeste                                           |  |  |                      |  | 400             | 160               | 115           |                  |                                         |
| 1.7 - Oeste                                              |  |  |                      |  | 500             | 220               | 150           |                  |                                         |
| 1.8 - Noroeste                                           |  |  |                      |  | 350             | 150               | 95            |                  |                                         |
| <b>Tipo 2 - Janelas Transmissão</b>                      |  |  |                      |  |                 |                   |               |                  |                                         |
| 2.1 - Vidro Comum                                        |  |  |                      |  |                 | 60                |               |                  |                                         |
| 2.2 Tijolo de Vidro/Vidro Duplo                          |  |  |                      |  |                 | 25                |               |                  |                                         |
| <b>Tipo 3 - Paredes</b>                                  |  |  |                      |  | Construção Leve | Construção Pesada |               |                  |                                         |
| 3.1 Externas voltadas para o Sul                         |  |  |                      |  | 13              | 10                |               |                  |                                         |
| 3.2 - Externas Outras Orientações                        |  |  |                      |  | 20              | 12                |               |                  |                                         |
| 3.3 - Internas Voltadas para Ambientes não condicionados |  |  |                      |  | 14,21           | 74,21             |               | (14,21+14,36)x8  | 228,56                                  |
|                                                          |  |  |                      |  | 14,36           | 74,36             |               |                  |                                         |
| <b>Tipo 4 - Teto</b>                                     |  |  |                      |  |                 |                   |               |                  |                                         |
| 4.1 - Em Laje                                            |  |  |                      |  |                 | 75                |               |                  |                                         |
| 4.2 - Laje c/2,5cm ou mais de isolamento                 |  |  |                      |  |                 | 60                |               | 24,26x60         |                                         |
| 4.3 - Entre Andares                                      |  |  |                      |  |                 | 13                |               |                  |                                         |
| 4.4 - Sob Telhado Isolado                                |  |  |                      |  | 24,26           | 18                |               | 24,26x18         | 436,68                                  |
| 4.5 - Sob Telhado sem Isolamento                         |  |  |                      |  |                 | 40                |               |                  |                                         |
| <b>Tipo 5 - Piso</b>                                     |  |  |                      |  |                 |                   |               |                  |                                         |
| Piso não colado diretamente ao solo                      |  |  |                      |  | 24,255          | 13                |               | 24,26x13         | 315,32                                  |
| <b>Tipo 6 - Pessoas</b>                                  |  |  |                      |  |                 |                   |               |                  |                                         |
| Número de pessoas                                        |  |  |                      |  | 12              | 150               |               | 12x150           | 1800                                    |
| <b>Tipo 7 - Iluminação e Aparelhos</b>                   |  |  |                      |  |                 |                   |               |                  |                                         |
| Lâmpadas ou Aparelhos Elétricos                          |  |  |                      |  | 11246           | 1                 |               | 11246x1          | 11246                                   |
| <b>Tipo 9 - Portas ou Vãos Abertos</b>                   |  |  |                      |  |                 |                   |               |                  |                                         |
| Constantemente para Áreas não Condicionadas              |  |  |                      |  |                 | 150               |               |                  |                                         |
| <b>Subtotal</b>                                          |  |  |                      |  |                 |                   |               | <b>14026,555</b> |                                         |
| <b>Fator Climático da Região</b>                         |  |  |                      |  |                 |                   |               | <b>1</b>         |                                         |
| <b>Carga Térmica Total</b>                               |  |  |                      |  |                 |                   |               | <b>56106,22</b>  |                                         |

(Para o cálculo em btu) CTTX4

#### **7.10.9 – Carga térmica simplificada – Planilha OTIMOAR**

Trata-se de uma planilha simplificada, porém mais completa que a planilha da SPRINGER, pois nela existem fatores e parâmetros não considerados naquela como, por exemplo, nível de atividade das pessoas, aparelhos, motores e iluminação onde será executado o projeto de instalação de ar condicionado.

Planilha 4 parte 1 de 2: Cálculo de carga térmica simplificada. Fonte: Otimoar



**WWW.OTIMOAR.COM.BR**

[arcondicionado@otimoar.com.br](mailto:arcondicionado@otimoar.com.br)

Fone/Fax: 041 30176000

---

**CÁLCULO SIMPLIFICADO DE CARGA TÉRMICA**

**SEGUNDO NBR - 5410**

**1 Janelas: Insolação**

| Tipo de Vidro | Localização | Área (m²) | PROTEÇÃO |             |             | Fator | Energia (kcal/h) | Energia (BTU) |
|---------------|-------------|-----------|----------|-------------|-------------|-------|------------------|---------------|
|               |             |           | Sem      | Com/Interna | Com/Externa |       |                  |               |
| C             | Norte       |           | 240      | 115         | 70          | -     | -                | -             |
| C             | Nordeste    | -         | 240      | 95          | 70          | -     | -                | -             |
| C             | Leste       | -         | 270      | 130         | 85          | -     | -                | -             |
| C             | Sudeste     | -         | 200      | 85          | 70          | -     | -                | -             |
| C             | Sul         | -         | 0        | 0           | 0           | -     | -                | -             |
| C             | Sudoeste    | -         | 400      | 160         | 115         | -     | -                | -             |
| C             | Oeste       | -         | 500      | 220         | 150         | -     | -                | -             |
| C             | Noroeste    | -         | 350      | 150         | 95          | -     | -                | -             |

**2 Janelas: Transmissão (Deve-se somar todas as áreas de mesmo material)**

|                 | Área (m²) | Fator |   |   |
|-----------------|-----------|-------|---|---|
| Vidro Comum     | -         | 50    | - | - |
| Tijolo de Vidro | -         | 25    | - | - |

**3 Paredes:**

| Paredes externas | Área (m²) | Construção Leve | Construção Pesada | Fator |   |   |
|------------------|-----------|-----------------|-------------------|-------|---|---|
| orientação Sul   |           | 13              | 10                |       | - | - |
| outra orientação | -         | 20              | 12                |       | - | - |

**Paredes internas**

| Paredes (amb.ñ.ref.) | Área (m²) | Fator |        |          |
|----------------------|-----------|-------|--------|----------|
| Paredes (amb.ñ.ref.) | 28,57     | 13    | 371,41 | 1.485,64 |

**4 Teto:**

|                                         | Área (m²) | Fator |        |          |
|-----------------------------------------|-----------|-------|--------|----------|
| Em lage exposta ao Sol sem isolamento   | -         | 75    | -      | -        |
| Em lage com 2,5cm de isolamento ou mais |           | 30    | -      | -        |
| Entre andares                           |           | 13    | -      | -        |
| Sob telhado com isolamento              | 24,26     | 18    | 436,68 | 1.746,72 |
| Sob telhado sem isolamento              | -         | 50    | -      | -        |

**5 Piso: (exceto os diretamente sobre o solo)**

| Piso | Área (m²) | Fator |        |          |
|------|-----------|-------|--------|----------|
| Piso | 24,26     | 13    | 315,38 | 1.261,52 |

**6 Número de Pessoas**

|                     | Número | Fator |          |          |
|---------------------|--------|-------|----------|----------|
| Em atividade normal | 10,00  | 150   | 1.500,00 | 6.000,00 |
| Em repouso          | 2,00   | 75    | 150,00   | 600,00   |
| Em forte atividade  | -      | 750   | -        | -        |

**CÁLCULO SIMPLIFICADO DE CARGA TÉRMICA**

Segundo NBR - 54: (Normatização Brasileira)



### 7.10.10 – Seleção do equipamento

Já com todos os cálculos feitos, o aparelho escolhido deve obedecer as características de  $75(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^2$  (anexo 7) de vazão mínima de ar total. A tonelagem de refrigeração é de 4,27TR e a potência em BTU de 51682,51.

O aparelho escolhido é a UNIDADE DE FILTRAGEM REFRIGERADA (UFR) da marca VECO (figura 27). Serão adotadas duas unidades com capacidade frigorígena de 2TR e  $1660\text{m}^3/\text{h}$  (anexo 9) cada e uma com 1TR e  $830\text{m}^3/\text{h}$ , que perfazem o total de vazão mínima de:

$$V_{\text{mín}} = [(1660\text{m}^3/\text{h} \times 2\text{unidades}) + 830] / 24,26\text{m}^2 = 171,06 (\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^2.$$

No que diz respeito ao valor da pressão positiva, a norma diz que o diferencial de pressão para salas de cirurgia deve ser de no mínimo 2,5Pa. Para se saber qual o diferencial de pressão alcançado neste projeto, fez-se o cálculo fornecido pelo fabricante:

$$\Delta P = \frac{\dot{Q}_1 \cdot K}{4664 \cdot S_1}$$

Onde:

$\Delta P$  - Diferencial de pressão

$\dot{Q}_1$  - Vazão de ar ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) =  $(1660\text{m}^3/\text{h} \times 2\text{unidades}) + 830 = 4150\text{m}^3/\text{h}$

K - Fator de correção do aparelho = 2,268

4664 – Constante

$S_1$  - Área de entrada do ar =  $[(0,5 \times 0,4) \times 3] = 0,6\text{m}^2$

Logo  $\Delta P = 3,36\text{Pa}$ , atendendo assim a norma.

De posse do  $\Delta P$  é possível se chegar ao valor da pressão positiva na sala da seguinte forma:

$$P_{\text{int}} = P_{\text{atm}} + \Delta P$$

Onde:

$P_{\text{int}}$  - Pressão no interior da sala

$P_{\text{atm}}$  - Pressão atmosférica na cidade de Itaperuna

$$P_{\text{int}} = 100034\text{Pa} + 3,36 = 100037,36\text{Pa}.$$

O sistema de drenagem dos condensados do aparelho é composto por uma bandeja de aço inoxidável e dispositivo de saída deste condensado com altura condizente com a pressão negativa (parte de trás do aparelho) desenvolvida pelo ventilador, ou seja, atendendo perfeitamente o que diz a norma NBR 7256 nos seus subitens 6.2.1.3 e 6.2.1.4. Ficará a cargo da empresa responsável pela instalação dos aparelhos a conexão da tubulação de escoamento do condensado ao dispositivo de saída.



**Figura 27:** A unidade de filtragem refrigerada. Fonte: Catálogo VECO

#### 7.10.11 – Consumo

De acordo com o site [www.refrigeracao.net](http://www.refrigeracao.net), o processo de cálculo de consumo de ar condicionado é bastante simples, mas com uma ressalva, o valor calculado é sempre o máximo. O valor real é um pouco menor. Isso acontece porque o compressor não funciona o tempo todo, já que este se desliga quando a temperatura programada é atingida. O ventilador funciona o tempo todo, mas consome muito menos que o compressor.

Para efeito de cálculo do consumo, é preciso ter os seguintes dados:

- 1º - Potência do aparelho em Watts(W);

2º - Previsão do número de horas que o ar condicionado ficará ligado por dia;

3º - Previsão do número de dias por mês que o ar condicionado ficará ligado;

4º - O custo do quilowatt/hora no imóvel onde o ar condicionado será instalado.

Como dois dos aparelhos escolhidos tem a capacidade de 2TR, multiplicando-se por 3024 tem-se a potência em kcal/h de 6048 kcal/h e um dos aparelhos é de 1TR de refrigeração tem-se a potência de 3024 Kcal/h. Para se passar esta potência para BTU/h é só multiplicar por quatro e chega-se em 24192 BTU/h ou 7090,67W para o aparelho de 2TR e 12096BTU/h ou 3545,34W para o aparelho de 1TR.

Continuando:

Para os aparelhos de 2TR:

Consumo kW =  $(7090,67W \times 2 \times 13,5\text{horas} \times 30\text{ dias})/1000 = 5743,44\text{kWh}$ ;

Consumo R\$ =  $5743,44\text{ kW} \times R\$ 0,37394 = R\$ 2147,70$ .

Para o aparelho de 1TR:

Consumo kW =  $(3545,34 \times 13,5\text{horas} \times 30\text{ dias})/1000 = 1435,86\text{kWh}$ ;

Consumo R\$ =  $1435,86\text{ kW} \times R\$ 0,37394 = R\$ 536,92$ .

Em resumo os aparelhos ligados 13,5h/dia, durante 30 dias no mês terão um consumo de  $R\$ 2147,70 + R\$ 536,92 = R\$ 2.684,62$

## 7.10.12 – Orçamento

A seguir tem-se a proposta comercial feita pelo VECO para o fornecimento dos aparelhos UFR.



**VECOFLOW LTDA**  
 CNPJ: 03.118.332/0001-63 IE: 244.649.306-118  
 Rua Uirapuru nº 377 – Barão Geraldo – Campinas / SP  
 Cep: 13.082-706 – Fone: (31)3335-9190 – Fax: (31)3335-8929  
 E-Mail: racequipamentos@terra.com.br – Site: [www.vecoweb.com.br](http://www.vecoweb.com.br)



- Todo e qualquer item que não esteja claramente especificado como fornecimento da VECO nesta proposta.

### Condições Gerais de Fornecimento:

Preço Unitário 2TR : R\$ 9.400,00  
 Preço Unitário 1TR : R\$ 6.580,00

IPI : Aliquota 0% de acordo com Decreto nº 5468 de 15/06/2005.

ICMS : Incluso – (A) Comercialização / Industrialização / Emprego no processo industrial = 12% com redução na base de cálculo de 26,67% sobre o valor da mercadoria. (B) Uso e consumo à contribuinte e não contribuinte = 12% com redução na base de cálculo de 26,67% sobre valor da mercadoria + IPI.

Prazo de Entrega : Até 45 dias após a colocação do pedido.

Instalação : A Combinar.

Local de entrega : FOB – Posto VECO – Campinas / SP – Por conta do cliente - Indicar Transportadora.

Pagamento : 30% no pedido + 30% Contra Aviso de Embarque + 40% a 28 DDL, após aprovação de crédito. Enviar referências comerciais e bancárias com telefone de contato.

Validade da Proposta : 30 dias

Garantia : 12 meses

### Emitir pedido para:

**Vecoflow Ltda** - Rua Uirapuru nº 377 – Barão Geraldo – Campinas / SP – Cep.: 13.082-706  
 CNPJ: 03.118.332/0001-63 - Insc. Est.: 244.649.306.118  
 Banco Bradesco ag: 3389-8 c/c: 102600-3 ou Banco do Brasil ag: 3360-X c/c: 10955-X ou Banco Itaú ag: 1619 c/c 25559-7

Colocamo-nos a disposição de V.S.as para quaisquer esclarecimentos adicionais. Atenciosamente,  
**Alexandre Silva – BH / MG**

A VECO cobra R\$ 9.400,00 por UFR de 2TR e R\$ 6.580,00 por UFR de 1TR. Como serão utilizadas duas UFR de 2TR e uma UFR de 1TR, o total é de R\$ 25.380,00. A mão-de-obra para instalação de ar condicionado é calculada por tonelagem de refrigeração. Estimou-se R\$ 1.800,00 por tonelada. Como no projeto o total foi de 4,27 toneladas de refrigeração, o custo total de mão-de-obra ficou em R\$ 7.686.

Assim o custo total do projeto ficou em R\$ 33.066,00.

#### **7.10.13 – Análise dos métodos de cálculo**

Os três métodos de cálculo utilizados mostraram resultados diferentes, mas próximos para carga térmica total, devido aos parâmetros usados.

A potência calculada no método sem simplificações é o que considerou o maior número de parâmetros. Ao comparar este método com os demais métodos, se nota que este determina um valor menor de carga térmica dos três. Aliás, o método da SPRINGER é o que dimensionou a maior carga térmica entre os três, logicamente por ser o método com menor número de parâmetros. Isto fez com que este método para este estudo específico fosse desconsiderado por ter ficado superdimensionado em relação aos demais. Apesar de o método OTIMOAR revelar um valor superior ao sem simplificações, ainda assim é conveniente, neste estudo, considera o cálculo sem simplificações por se tratar de um ambiente onde o controle de temperatura deve ser preciso.

## 8 – CONCLUSÃO

O objetivo principal do trabalho foi satisfeito, pois se conseguiu após comparação de métodos de cálculo o dimensionamento dos aparelhos. A abordagem dos cálculos foi feita sem simplificações e utilizando métodos simplificados de um fabricante e de uma empresa especializada. O cálculo sem simplificações tem base no livro Instalações de Ar Condicionado, Hélio Creder 2006 e os outros métodos são os da SPRINGER e da OTIMOAR.

Este projeto mostra a necessidade de tal comparação, já que existem diversos tipos de cálculos no mercado, estejam eles em livros ou páginas da internet.

Para a execução destes cálculos se fez necessário seguir uma cronologia.

Foram tomadas todas as medidas da sala de cirurgia usando-se uma trena.

Levantou-se toda a carga térmica da sala de cirurgia objeto de estudo anotando a potência de cada aparelho presente na sala.

Foi feita uma análise das condições externas e internas da sala no que diz respeito à temperatura e umidade relativa.

Foi calculada a carga térmica como dita anteriormente comparando-se três métodos.

Após a escolha do método adequado, foi feito o dimensionamento e escolha do aparelho UFR a ser utilizado.

Por fim, após consulta ao fornecedor dos aparelhos, foi feito um orçamento dos equipamentos e também da instalação.

Os cálculos demonstraram que o método sem simplificações foi o método que apresentou o maior número de parâmetros, portanto é o mais preciso.

Finalizando, no tocante a dimensionamento de ar condicionado, o engenheiro responsável pelos cálculos deve observar o maior número de métodos que possam existir, sejam eles planilhas, softwares, estudos sem simplificações, catálogos entre outros. Em situações como a deste projeto que exige uma necessidade muito grande de controle, o método a ser utilizado deve ser o sem simplificações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 1601. Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários.
- ABNT NBR 1604. Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto.
- ABNT NBR 7256. Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações.
- UNESP. <[HTTP://www.agr.feis.unesp.br](http://www.agr.feis.unesp.br)>
- ARSINCO. <[HTTP://www.arsinco.com.br](http://www.arsinco.com.br)>
- BLOGUINHOS. Disponível em: <<http://www.bloguinhos.com.br>>
- CREDER, HELIO, "Instalações de Ar Condicionado", 2006.
- UFRS. <[HTTP://www.ct.ufrs.br](http://www.ct.ufrs.br)>
- CURSO COMPLETO DE AR CONDICIONADO. Disponível em: <[HTTP://www.mpsnet.net/loja/index.asp?loja=1&lin=verproduto&produto=315](http://www.mpsnet.net/loja/index.asp?loja=1&lin=verproduto&produto=315)>
- HISTÓRIA DE TUDO. História do Ar Condicionado. 2009. Disponível em: <<http://www.historiadetudo.com/ar-condicionado.html>>
- INCROPERA, DE WITT. Fundamentos de Transferência de Calor e Massa, 6ª edição, Rio de Janeiro, LTC, 2008.
- MARQUES, M., HADDAD, J., MARTINS, A. R. S., "Conservação de Energia - Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações", 3a Edição, Eletrobrás, <[HTTP://www.medicineisart.blogspot.com](http://www.medicineisart.blogspot.com)>
- MILLER, MARK R, "Refrigeração e Ar Condicionado", LTC, 2008.
- PIRANI, MARCELO JOSÉ. Apostila de Refrigeração e Ar Condicionado. 2004.
- PIZZETTI, "Acondicionamiento del Aire y Refrigeración", Editorial Interciencia, Costanilla de Los Angeles, 15, Madrid-13, 1970.
- REFRIGERAÇÃO PLANET. <[HTTP://www.refrigeracaoplanet.com.br](http://www.refrigeracaoplanet.com.br)>
- STOECKER, W. F., E JONES, J. W., "Refrigeração e Ar Condicionado", Editora McGraw-Hill do Brasil, 1985.
- TECNOLOGIA MECÂNICA. <<http://fatec.org>>

WIKIPEDIA. <[HTTP://www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)>

WYLEN, SONNTAG. **Fundamentos da Termodinâmica**, tradução da sexta edição inglesa: Euryale de Jesus Zerbini, São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

CATÁLOGO VECO, 2011.

## ANEXO 1 - Coeficiente de transmissão de calor dos materiais de construção

| Material                                  | Condutividade K                   |                 | Condutância C                |                              |
|-------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
|                                           | BTU · in/h · ft <sup>2</sup> · °F | kcal/h · m · °C | BTU/h · ft <sup>2</sup> · °F | kcal/h · m <sup>2</sup> · °C |
| 1. <i>Acabamentos:</i>                    |                                   |                 |                              |                              |
| - cimento asbestos                        | 4,0                               | 0,496           |                              |                              |
| - gesso 1/2"                              |                                   |                 | 2,25                         | 10,99                        |
| - lambris                                 | 0,80                              | 0,09            |                              |                              |
| - lambris de 3/4"                         |                                   |                 | 1,07                         | 5,22                         |
| - fibra de madeira                        | 1,40                              | 0,173           |                              |                              |
| - emboço ou reboco (2 cm)                 |                                   |                 | 0,49                         | 2,39                         |
| 2. <i>Alvenaria:</i>                      |                                   |                 |                              |                              |
| - lã mineral (vidro ou rocha)             | 0,27                              | 0,03            |                              |                              |
| - vermiculite                             | 0,46                              | 0,05            |                              |                              |
| - concreto simples                        | 5,0                               | 0,62            |                              |                              |
| - massa de cimento com agregados          | 1,7                               | 0,21            |                              |                              |
| - concreto com areia e pedra              | 12,0                              | 1,48            |                              |                              |
| - estuque                                 | 5,0                               | 0,62            |                              |                              |
| - tijolo comum (meia-vez)                 | 5,0                               | 0,62            |                              |                              |
| - tijolo comum (uma vez)                  | 9,0                               | 1,11            |                              |                              |
| - tijolo de concreto furado de 10 cm      | 1,4                               | 0,17            |                              |                              |
| - tijolo de concreto furado de 20 cm      | 0,9                               | 0,11            |                              |                              |
| - ladrilho ou cerâmica                    | 0,9                               | 0,11            |                              |                              |
| - alvenaria de pedra                      | 12,50                             | 1,55            |                              |                              |
| 3. <i>Isolamentos:</i>                    |                                   |                 |                              |                              |
| - fibras de lãs minerais (vidro ou rocha) | 0,27                              | 0,03            |                              |                              |
| - fibra de madeira                        | 0,25                              | 0,03            |                              |                              |
| - vidro celular                           | 0,39                              | 0,04            |                              |                              |
| - cortiça                                 | 0,27                              | 0,03            |                              |                              |
| - fibra de vidro                          | 0,25                              | 0,03            |                              |                              |
| - isoflex (Santa Marina)                  |                                   | 0,039           |                              |                              |
| 4. <i>Argamassas:</i>                     |                                   |                 |                              |                              |
| - nata de cimento com areia               | 5,0                               | 0,62            |                              |                              |
| - nata de gesso com areia                 | 5,6                               | 0,69            |                              |                              |
| - agregado com vermiculite                | 1,7                               | 0,21            |                              |                              |
| 5. <i>Cobertura:</i>                      |                                   |                 |                              |                              |
| - placa de agregado de asfalto            | 6,50                              | 0,80            |                              |                              |
| - teto com 10 cm                          | 3,00                              | 0,37            |                              |                              |
| 6. <i>Madeiras:</i>                       |                                   |                 |                              |                              |
| - de lei (cedro, canela etc.)             | 1,10                              | 0,13            |                              |                              |
| - pinho                                   | 0,80                              | 0,09            |                              |                              |

## ANEXO 2 – Acréscimo ao diferencial de temperatura

| Superfície    | Cor Escura |      | Cor Média |      | Cor Clara |     |
|---------------|------------|------|-----------|------|-----------|-----|
|               | °F         | °C   | °F        | °C   | °F        | °C  |
| Telhado       | 45         | 25,0 | 30        | 16,6 | 15        | 8,3 |
| Parede E ou O | 30         | 16,6 | 20        | 11,1 | 10        | 5,5 |
| Parede N      | 15         | 8,3  | 10        | 5,5  | 5         | 2,7 |
| Parede S      | 0          | 0    | 0         | 0    | 0         | 0   |

## ANEXO 3 – Calor liberado pelas pessoas

| Temperatura<br>Ambiente |      | Pessoa Sentada ou em Movimento Lento |       |               |       |             |       | Pessoa em Exercício Físico Moderado |       |               |       |             |       |
|-------------------------|------|--------------------------------------|-------|---------------|-------|-------------|-------|-------------------------------------|-------|---------------|-------|-------------|-------|
|                         |      | Calor Sensível                       |       | Calor Latente |       | Calor Total |       | Calor Sensível                      |       | Calor Latente |       | Calor Total |       |
| °C                      | °F   | kcal/h                               | BTU/h | kcal/h        | BTU/h | kcal/h      | BTU/h | kcal/h                              | BTU/h | kcal/h        | BTU/h | kcal/h      | BTU/h |
| 29                      | 84,2 | 45,1                                 | 179   | 54,9          | 218   | 100         | 397   | 38,1                                | 151   | 128           | 508   | 166,1       | 659   |
| 28                      | 82,4 | 50,2                                 | 199   | 50,2          | 199   | 100         | 397   | 45,1                                | 179   | 121           | 480   | 166,1       | 659   |
| 27                      | 80,6 | 54,9                                 | 218   | 45,1          | 179   | 100         | 397   | 51,9                                | 206   | 144,1         | 572   | 166,1       | 659   |
| 26                      | 78,8 | 58                                   | 230   | 42,1          | 167   | 100         | 397   | 58                                  | 230   | 108,1         | 429   | 166,1       | 659   |
| 25                      | 77,0 | 62                                   | 246   | 38,1          | 151   | 100         | 397   | 64                                  | 254   | 101,8         | 404   | 166,1       | 659   |
| 24                      | 75,2 | 66                                   | 262   | 34            | 135   | 100         | 397   | 72,1                                | 286   | 94            | 373   | 166,1       | 659   |
| 23                      | 73,4 | 69,1                                 | 274   | 31            | 123   | 100         | 397   | 77,1                                | 306   | 89            | 353   | 166,1       | 659   |
| 22                      | 71,6 | 72,1                                 | 286   | 28            | 111   | 100         | 397   | 82,2                                | 326   | 83,9          | 333   | 166,1       | 659   |
| 21                      | 69,8 | 75,1                                 | 298   | 24,9          | 99    | 100         | 397   | 88                                  | 349   | 78,1          | 310   | 166,1       | 659   |

## ANEXO 4 – Ganho por calor em Watts por HP para motores elétricos

| Potência<br>HP | Rendimento<br>Aproximado % | Ganho de Calor<br>W/HP |
|----------------|----------------------------|------------------------|
| Até 1/4        | 60                         | 1.231                  |
| 1/2 – 1        | 70                         | 1.055                  |
| 1 1/2 – 5      | 80                         | 938                    |
| 7,5 – 20       | 85                         | 879                    |
| Maior que 20   | 88                         | 850                    |

## ANEXO 5 – Trocas de ar por hora

| <i>Janelas Existentes</i>               | <i>Trocas por Hora</i> |
|-----------------------------------------|------------------------|
| Nenhuma janela ou porta para o exterior | 3/4                    |
| Janelas ou portas em 1 parede           | 1                      |
| Janelas ou portas em 2 paredes          | 1 1/2                  |
| Janelas ou portas em 3 paredes          | 2                      |
| Lojas                                   | 2                      |

## ANEXO 6 – Infiltração de ar exterior

| <i>Ar pelas Frestas</i>             |                   |                                 |
|-------------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| <i>Tipo de Abertura</i>             | <i>Observação</i> | <i>m³/h por Metro de Fresta</i> |
| Janela                              |                   | 3,0                             |
| – comum                             |                   | 3,0                             |
| – basculante                        |                   | 6,5                             |
| – guilhotina c/ caixilho de madeira | Mal ajustada      | 2,0                             |
|                                     | Bem ajustada      | 4,5                             |
| – guilhotina c/ caixilho metálico   | Sem vedação       | 1,8                             |
|                                     | Com vedação       | 13,0                            |
| Porta                               | Mal ajustada      | 6,5                             |
|                                     | Bem ajustada      |                                 |

| <i>Ar pelas Portas</i>    |                                                         |                                 |
|---------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Local</i>              | <i>m³/h por Pessoa Presente no Recinto Condicionado</i> |                                 |
|                           | <i>Porta Giratória (1,80 m)</i>                         | <i>Porta de Vaivém (0,90 m)</i> |
| Bancos                    | 11                                                      | 14                              |
| Barbearias                | 7                                                       | 9                               |
| Drogarias e farmácias     | 10                                                      | 12                              |
| Escritórios de corretagem | 9                                                       | 9                               |
| Escritórios privados      | –                                                       | 4                               |
| Escritórios em geral      | –                                                       | 7                               |
| Lojas de cigarros         | 32                                                      | 51                              |
| Lojas em geral            | 12                                                      | 14                              |
| Quartos de hospitais      | –                                                       | 7                               |
| Restaurantes              | 3                                                       | 4                               |
| Salas de chá ou café      | 7                                                       | 9                               |

| <i>Ar pelas Portas Abertas</i> |  |
|--------------------------------|--|
| Porta de 90 cm – 1.350 m³/h    |  |
| Porta de 180 cm – 2.000 m³/h   |  |

Para contrabalançar a infiltração com tomada de ar nos condicionadores:

Porta de 90 cm – 1.750 m³/h  
 Porta de 180 cm – 2.450 m³/h

## ANEXO 7 - Parâmetros de projeto

| Ambientes<br>(01)                                                                                    | Nível de risco<br>(02) | Situação a controlar<br>(02) | Temperatura<br>°C (04) | Umidade relativa<br>% (04) | Vazão mín.<br>de ar exterior<br>(m³/h) / m² (05) | Vazão mín.<br>de ar total<br>(m³/h) / m² (06) | Nível de pressão<br>(07) | Filtragem<br>mínima<br>Insufiam<br>(08) | Nível de ruído<br>dB(A) (09) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|
| <b>Centro cirúrgico</b>                                                                              |                        |                              |                        |                            |                                                  |                                               | (+)                      |                                         |                              |
| Sala de indução anestésica                                                                           | 1                      | AgB, AgQ                     | 21 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            |                          | G4                                      |                              |
| Sala de cirurgia <sup>1) 2) 3)</sup>                                                                 | 2                      | AgB, AgQ                     | 18 - 22                | 45 - 55                    | 15                                               | 75                                            | (+)                      | G3 + F8                                 |                              |
| Sala de cirurgia especializada (ortopedia, neurologia, cardiologia, transplante) <sup>1) 2) 3)</sup> | 3                      | AgB, AgQ                     | 18 - 22                | 45 - 55                    | 15                                               | 75                                            | (+)                      | G3 + F7 + A3                            |                              |
| Sala de apoio às cirurgias especializadas                                                            | 2                      | AgB                          | 21 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            | (+)                      | G3 + F7                                 |                              |
| Área de recuperação pós-anestésica                                                                   | 1                      | AgB                          | 21 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            |                          | G4                                      |                              |
| <b>Centro obstétrico</b>                                                                             |                        |                              |                        |                            |                                                  |                                               |                          |                                         |                              |
| Área de indução anestésica                                                                           | 1                      | AgB, AgQ                     | 21 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            |                          | G4                                      |                              |
| Sala de parto cirúrgico <sup>1) 2) 3)</sup>                                                          | 2                      | AgB, AgQ                     | 18 - 22                | 45 - 55                    | 15                                               | 75                                            | (+)                      | G3 + F8                                 |                              |
| Área de recuperação pós-anestésica                                                                   | 1                      | AgB                          | 21 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            |                          | G4                                      |                              |
| Hemoterapia e hematologia                                                                            |                        |                              |                        |                            |                                                  |                                               |                          |                                         |                              |
| Sala para processamento de sangue <sup>1)</sup>                                                      | 1                      | TE                           | 20 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            |                          | G3                                      |                              |
| <b>Radioterapia</b>                                                                                  |                        |                              |                        |                            |                                                  |                                               |                          |                                         |                              |
| Sala de simulação <sup>14)</sup>                                                                     | 1                      | EQ                           | 21 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            |                          | G3                                      |                              |
| Salas de terapia (braquiterapia invasiva)                                                            | 2                      | AgB                          | 21 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            | (+)                      | G3 + F7                                 |                              |
| Salas de terapia (braquiterapia não invasiva)                                                        | 1                      | AgB                          | 21 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            |                          | G3                                      |                              |
| Salas de terapia (bomba de cobalto, acelerador linear e orovoltagem) <sup>14)</sup>                  | 1                      | EQ                           | 21 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            |                          | G3                                      |                              |
| <b>Diálise</b>                                                                                       |                        |                              |                        |                            |                                                  |                                               |                          |                                         |                              |
| Sala de reproprocessamento de dializadores <sup>4) 5)</sup>                                          | 1                      | AgQ                          |                        |                            |                                                  | 18                                            | (-)                      | G3                                      |                              |
| <b>Apoio técnico</b>                                                                                 |                        |                              |                        |                            |                                                  |                                               |                          |                                         |                              |
| <b>Cozinha <sup>16)</sup></b>                                                                        |                        |                              |                        |                            |                                                  |                                               |                          |                                         | 50                           |
| <b>Nutrição enteral</b>                                                                              |                        |                              |                        |                            |                                                  |                                               |                          |                                         |                              |
| Sala de manipulação e envase                                                                         | 1                      | AgB                          | 21 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            |                          | G4                                      |                              |
| <b>Lactário</b>                                                                                      |                        |                              |                        |                            |                                                  |                                               |                          |                                         |                              |
| Área para preparo e envase de fórmulas lácteas e não lácteas                                         | 1                      | AgB                          | 21 - 24                | 40 - 60                    | 6                                                | 18                                            |                          | G4                                      |                              |

## ANEXO 8 – Níveis de ruído recomendados e máximos

|                             |         |         |
|-----------------------------|---------|---------|
| <b>Lojas comerciais</b>     |         |         |
| Loja de muito publico       | 45 - 55 | 40 - 50 |
| Loja de pouco publico       | 40 - 50 | 35 - 45 |
| Supermercado                | 45 - 55 | 40 - 50 |
| <b>Ginásio de esportes</b>  |         |         |
| Ginásio                     | 45 - 60 | 40 - 55 |
| Piscina                     | 45 - 60 | 40 - 55 |
| <b>Transporte</b>           |         |         |
| Venda de passagem           | 45 - 55 | 40 - 50 |
| Sala de espera              | 45 - 55 | 40 - 50 |
| <b>Hospitais</b>            |         |         |
| Apartamento / Enfermaria    | 35 - 45 | 30 - 40 |
| Berçário / Centro cirúrgico | 35 - 45 | 30 - 40 |
| <b>Área de produção</b>     |         |         |
| Exposto 8 h/dia             | < 85    |         |
| Exposto 3 h/dia             | < 92    |         |

NOTA 1 Os valores da Tabela se referem ao nível de ruído de fundo (medido nos ambientes não ocupados, com todos os equipamentos de ar condicionado em operação). Representam os níveis desejáveis e máximos para a manutenção de um ruído de fundo compatível com o conforto acústico dos ocupantes e com as atividades normalmente desenvolvidas nos ambientes.

NOTA 2 Quando for adotado critério inferior a NC30 é recomendável se valer da assessoria de um especialista em acústica.

NOTA 3 Aplicações críticas, valores apenas orientativos. Os critérios acústicos devem ser definidos pelo projetista de acústica do ambiente.

## ANEXO 9 – Catálogo do fabricante do aparelho



Data Sheet

**UNIDADE DE FILTRAGEM REFRIGERADA**

Boletim EQ - 008/09 - A

**UFR**

**AR LIMPO NA TEMPERATURA IDEAL!**

UM GRANDE AVANÇO TECNOLÓGICO EM SISTEMA DE AR CONDICIONADO COM AR FILTRADO.



**CAPACIDADES:**

**1 TR @ 830 m³/h**

**2 TR @ 1660 m³/h**

Um sistema de ar condicionado com ar filtrado através de filtro HEPA e volume de ar suficiente para atender às necessidades de pequenas áreas limpas e salas controladas.

**PRINCIPAIS VANTAGENS**

COMPACTO E SILENCIOSO

CRIA PEQUENAS ÁREAS LIMPAS COM BAIXO CUSTO E SIMPLICIDADE

FLEXIBILIDADE NA INSTALAÇÃO

CONDICIONAMENTO DO AR COM FILTRAGEM HEPA

VIABILIZA PEQUENOS PROJETOS DE ÁREAS LIMPAS

CRIA PRESSÃO POSITIVA EM AMBIENTES CONTROLADOS

MANUTENÇÃO SIMPLES E ECONÔMICA

**INSUFLAMENTO DE AR LIMPO, QUE PROPORCIONA PRESSÃO POSITIVA, EVITANDO A ENTRADA DE CONTAMINANTES EXTERNOS**

**A SOLUÇÃO PRÁTICA, RÁPIDA E ECONÔMICA PARA A INSTALAÇÃO DE ÁREAS LIMPAS**

Devido a constante evolução tecnológica, o GRUPO VECO reserva-se no direito de alterar o design e as especificações deste produto sem aviso prévio.

1/3

## ANEXO 10 - Catálogo do fabricante do aparelho



Data Sheet  
**UNIDADE DE FILTRAGEM REFRIGERADA**  
 Boletim EQ - 008/09 - A

### APLICAÇÕES PRINCIPAIS

#### HOSPITALAR

- Isolamento de imunodepressivos;
- Salas de preparo de nutrição parenteral;
- Salas de partos;
- Salas cirúrgicas;
- Farmácias;
- Berçários;
- UTIs;
- Laboratórios;
- Consultórios médicos/odontológicos.

#### INDUSTRIAL

- Indústrias alimentícias;
- Laboratórios farmacêuticos;
- Indústrias microeletrônicas;
- Fotografia / Ótica;
- Telecomunicações;
- Indústrias químicas;
- Gráficas.

---

#### PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

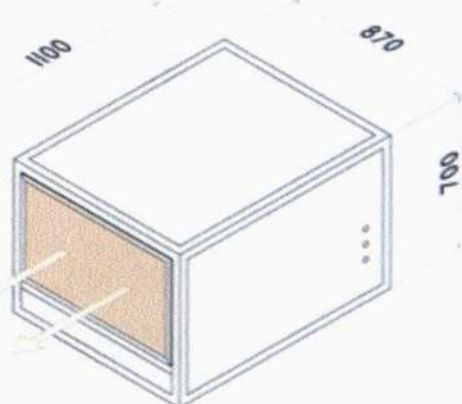
As unidades básicas têm seu princípio de funcionamento regido por um sistema de filtragem constituído de várias etapas.

- Pré-filtro POLYPLEAT:** Responsável pela captação de partículas grossas, elimina e inibe a proliferação de microorganismos, como bactérias, fungos e leveduras.
- Filtro absoluto HEPA, eficiência 99,99% DOP:** Responsável pela retenção de partículas submicrônicas, como vírus, bactérias, ácaros, fungos, leveduras, pólen, etc.

**CAPACIDADES:**

1 TR @ 830 m³/h
2 TR @ 1660 m³/h

#### DIMENSÕES EXTERNAS



---

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Construída em chapa de aço carbono com tratamento anticorrosivo e acabamento em laca automotiva;
- Painéis de fechamento tipo sanduíche com isolamento interno em poliestireno expandido auto-extinguível
- Grelhas de insuflamento e retorno do ar em perfis de alumínio anodizado na cor natural.
- Moto ventilador centrífugo com dupla aspiração equipado com proteção térmica, 220V / 1F / 50-60Hz
- Filtro de insuflamento HEPA, com eficiência de 99,99. D.O.P.

- Filtro de ar externo de fibra sintética com 35% de eficiência.
- Serpentina de resfriamento construída com moldura e aletas em alumínio e tubos de cobre com diâmetro de 3/8"
- Acionamento feito através de termostato tipo ON/OFF.
- Bico para tomada de pressão
- Bico para leitura de concentração de P.A.O.

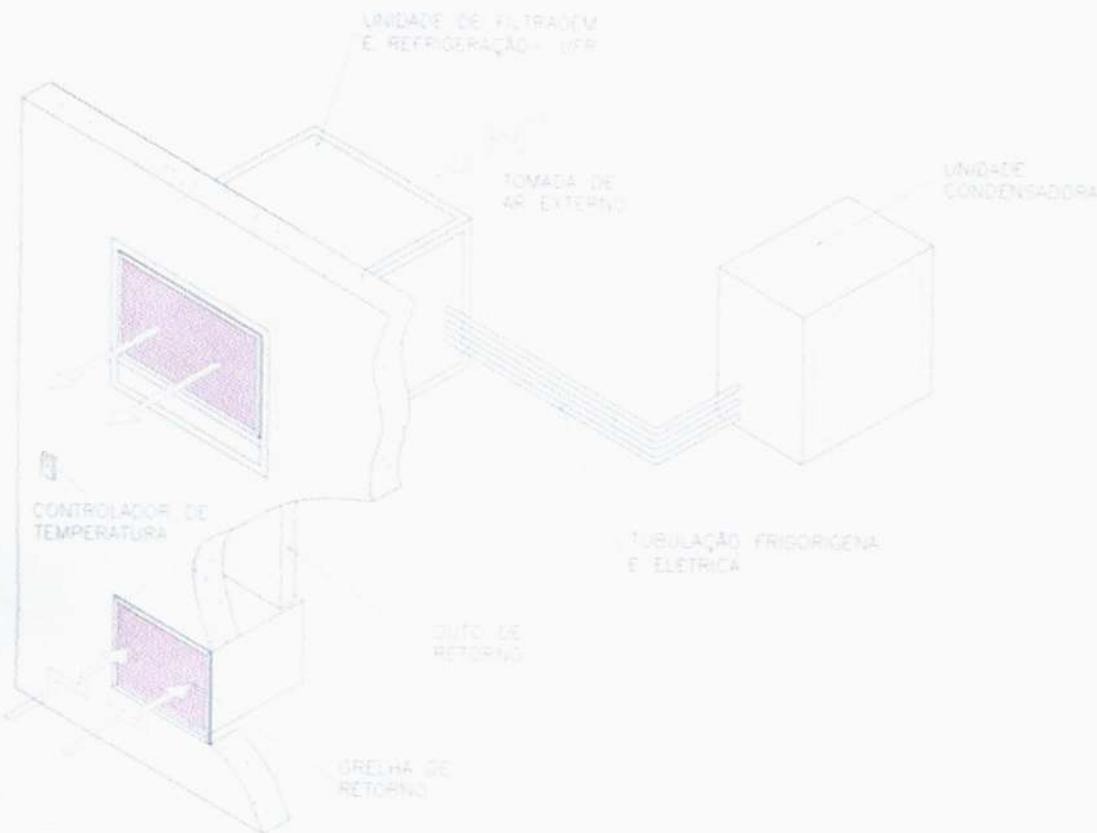
2/3

## ANEXO 11 - Catálogo do fabricante do aparelho



Data Sheet  
**UNIDADE DE FILTRAGEM REFRIGERADA**  
 Boletim EQ - 008/09 - A

### MODELO DE INSTALAÇÃO



Labels in diagram:

- UNIDADE DE FILTRAGEM E REFRIGERAÇÃO - UFR
- TOMADA DE AR EXTERNO
- UNIDADE CONDENSADORA
- CONTROLADOR DE TEMPERATURA
- TUBULAÇÃO FRIGORÍGENA E ELÉTRICA
- DUTO DE RETORNO
- GRELHA DE RETORNO

**OBS. EQUIPAMENTOS ESPECIAIS PODEM SER FEITOS DE ACORDO COM A NECESSIDADE DO CLIENTE**

Consulte a CCL para as necessidades de certificação e manutenção de Área Limpa, Equipamento de Fluxo Unidirecional (Laminar) ou de Segurança Biológica.



Fone / Fax: (19) 3787-3700  
e-mail: [veco@veco.com.br](mailto:veco@veco.com.br)  
[www.veco.com.br](http://www.veco.com.br)



Fone / Fax: (19) 3787-3700  
e-mail: [veco@veco.com.br](mailto:veco@veco.com.br)



Fone / Fax: (19) 3289-2035  
e-mail: [ccl@cclonline.com.br](mailto:ccl@cclonline.com.br)  
[www.cclonline.com.br](http://www.cclonline.com.br)



Fone / Fax: (19) 3289-8397  
e-mail: [cclfarma@cclfarma.com.br](mailto:cclfarma@cclfarma.com.br)  
[www.cclfarma.com.br](http://www.cclfarma.com.br)

3/3

**Carrier**  
**PSYCHROMETRIC CHART**  
 NORMAL TEMPERATURES  
 SI METRIC UNITS  
 Barometric Pressure 101.325 kPa  
 SEA LEVEL

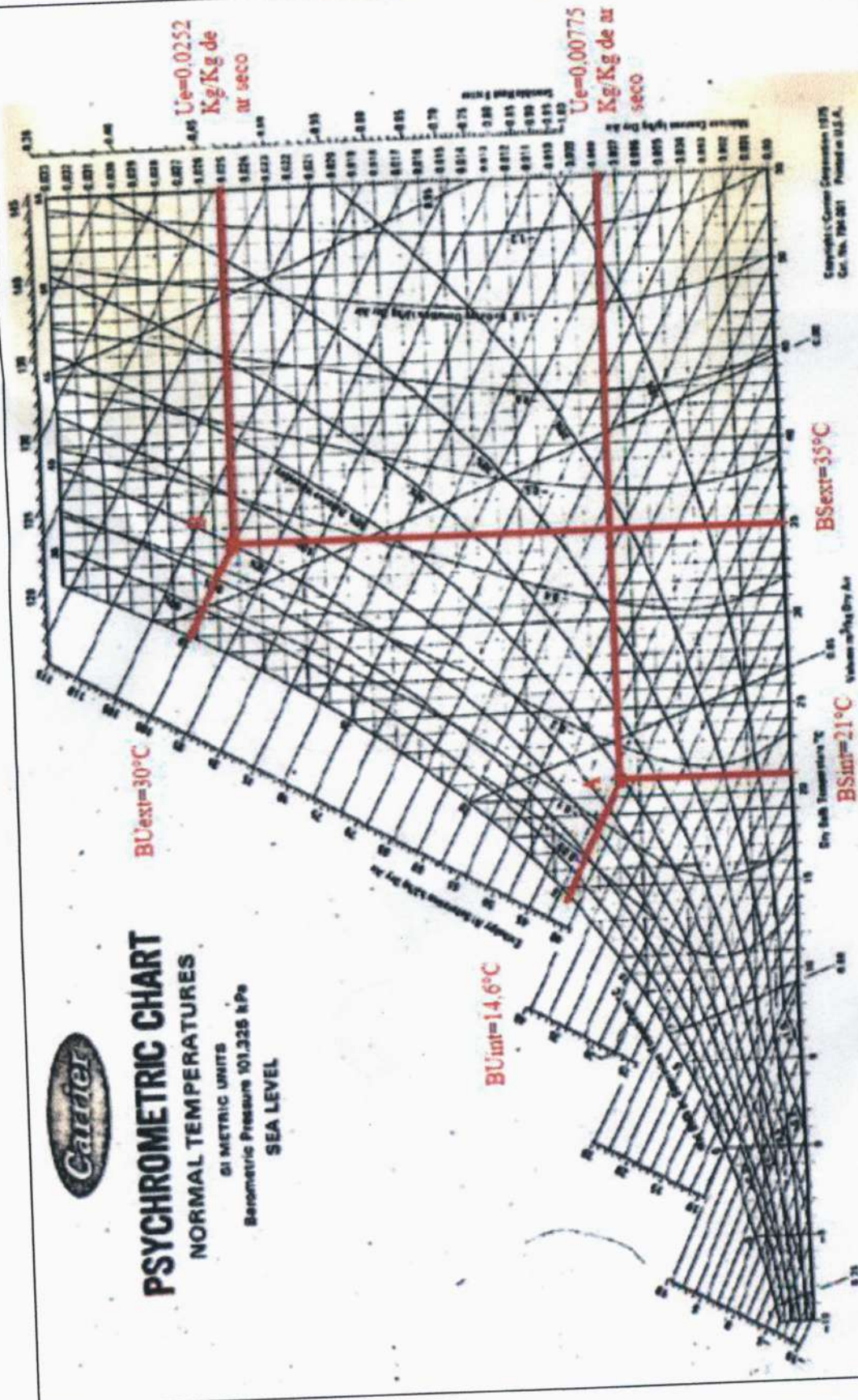


FIG. 7-16 Psychrometric chart for normal temperatures, metric units.