



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO**  
**DEPARTAMENTO CIÊNCIA EXATAS E NATURAIS**  
**BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

**SHARMILLA DE ALMEIDA MEDEIROS**

**AVALIAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DOS AR-CONDICIONADOS DO BLOCO  
DE SALAS I DA UFERSA CAMPUS CARAÚBAS.**

Caraúbas– RN

2016

**SHARMILLA DE ALMEIDA MEDEIROS**

**AVALIAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DOS AR-CONDICIONADOS DO BLOCO  
DE SALAS I DA UFERSA CAMPUS CARAÚBAS.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
(UFERSA), como exigência final para  
obtenção do título de Bacharel em Ciência e  
Tecnologia.

Orientador: Prof. Gleryston Thiago Gomes da  
Silva

Caraúbas– RN

2016

M488a Medeiros, Sharmilla de Almeida.  
Avaliação do Dimensionamento dos Ar-  
Condicionados do Bloco De Salas I da UFERSA  
Campus Caraúbas. / Sharmilla de Almeida Medeiros.  
- 2016.  
54 f. : il.

Orientador: Gleryston Thiago Gomes da Silva.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e  
Tecnologia, 2016.

1. Conforto térmico. 2. Ar-condicionado. 3.  
Carga térmica. I. Silva, Gleryston Thiago Gomes  
da, orient. II. Título.

**SHARMILLA DE ALMEIDA MEDEIROS**

**AVALIAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DOS AR-CONDICIONADOS DO BLOCO  
DE SALAS I DA UFERSA CAMPUS CARAÚBAS.**

Trabalho de conclusão do curso apresentado a  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido-  
UFERSA, Campus Caraúbas como parte dos  
requisitos necessários para obtenção do título  
de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADA EM: 10/11/2016.

**BANCA EXAMINADORA**

|                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |
| Prof. Gleryston Thiago Gomes da Silva<br>Presidente                                  |
|  |
| Profª Dr. Italla Medeiros Bezerra<br>Membro                                          |
|  |
| Prof. MSc. Rafael Luz Espindola<br>Membro                                            |

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por conceder saúde e determinação para correr atrás dos meus objetivos, iluminando todos os caminhos, sempre com muita fé e coragem para seguir em frente independente dos obstáculos encontrados ao longo do caminho;

Aos meus pais, Francisco das Chagas e Maria das Graças, por sempre apoiarem minhas decisões, por todas as broncas e brigas que foram necessárias para está onde estou e por não medirem esforços para realização dos meus sonhos;

As minhas queridas avós Ester e Regina, por toda a ajuda e dedicação, contribuindo para realização desse sonho;

A minha irmã, Fanny, por sempre estar pronta para me orientar e esclarecer todas as dúvidas, incentivando sempre que tudo ia da certo;

Às minhas melhores amigas, Hohana Lissa, Monalisa Érica, Cymara Lucyana por todas as palavras, por todo carinho e compreensão. E pela constante presença na minha vida, se fazendo como papel de uns verdadeiros anjos na minha vida;

Ao meu amigo, Felipe Couto, por me ajudar e me incentivar durante esse percurso, não permitindo que eu jamais descreditasse no meu potencial;

Ao meu amigo, Ozaias Praxedes, por toda a ajuda, paciência e compreensão em todas as horas de aperreio e de agonia;

Ao meu amigo, Martiniano Bezerra, por sempre está ao meu lado e sempre incentivando com suas palavras de carinho e de amor;

À minha amiga, Luana Ferreira, pela compreensão e companhia em todos os meus momentos estando ao meu lado sempre;

Aos meus amigos, David Emerson e Lêdson Freitas, pelo apoio e companhia em todos os meus momentos estando ao meu lado;

Às minhas queridas, Joana Moreira e Teodora Moreira (*in memoriam*), pelos bons momentos vividos nessa jornada e pelos ensinamentos de vida;

À minha amiga, Bruna Thais (*in memorian*), pelos bons momentos vividos nessa jornada;

Ao um velho amigo, Francisco Solano, pela total disponibilidade em ajudar e se dispor a tudo que pedir, disponibilizando todos os projetos do Bloco de Sala I, engenheiro mais competente da UFERSA;

A todas as pessoas que trabalham na UFERSA e que estão desde início na torcida para a minha vitória na minha jornada do curso;

Aos demais muito obrigado pela contribuição de forma significativa no decorrer do desenvolvimento desse trabalho;

Ao meu orientador Gleryston Thiago Gomes da Silva, por todo conhecimento repassado, paciência e disposição para realização desse trabalho;

E, por fim, a todos que, ativo ou passivamente, ajudaram em toda minha trajetória dentro da UFERSA.

“A persistência é o caminho do êxito.”

(Charles Chaplin)

## RESUMO

Os estudos do conforto térmico deseja analisar e estabelecer as condições necessárias para garantir um ambiente térmico, que detenha de condições humanas satisfatória para o bem-estar. Nessa busca deve se fazer algumas considerações prévias, sejam elas durante toda a construção do recinto, desde momento do desenvolvimento do projeto, levantamento e até a realização da edificação. Sendo assim, existem variáveis que influenciam de forma direta e indireta, para adquirir um ambiente agradável. Havendo necessidade do uso de um equipamento que proporcione esse bem-estar, como os ar-condicionados. A UFERSA, localizada no município de Caraúbas-RN, apresenta temperaturas elevadas, alta umidade entre outros fatores que resultam em sensações de desconforto. Foram analisadas as variáveis climáticas, pessoais e as do ambiente. A proposta deste trabalho consiste em avaliar o projeto do dimensionamento dos ar-condicionados do Bloco de Sala I, foi feita uma avaliação nas condições e desempenhos equipamentos, analisando sua estrutura física e também seu desempenho. As avaliações foram feitas na instituição, entre o mês de setembro e outubro de 2016, considerando algumas variáveis como, carga de condução, radiação solar, aspectos da edificação, calor proveniente da iluminação, calor sensível e o calor latente proveniente dos usuários. Com essas variáveis foi calculada a carga térmica total de maneira simplificada. Com o cálculo da carga térmica foi feita uma comparação com os aparelhos utilizados em salas, verificando que os modelos utilizados em sala poderiam ser substituídos por outro de consumo mais baixo resultando assim é uma demanda menor de energia elétrica. E para o funcionamento desses aparelhos continuem de forma eficaz é preciso uma manutenção periódica.

**Palavras-chave:** Conforto térmico, carga térmica, ar – condicionados.

## ABSTRAC

The thermal comfort studies wish to analyze and establish the necessary conditions to ensure a thermal environment, which holds human conditions satisfactory to well-being. In this search one must make some previous considerations, be they during all the construction of the enclosure, from the moment of the development of the project, survey and until the construction of the building. Thus, there are variables that influence directly and indirectly, to acquire a pleasant environment. If there is need for the use of equipment that provides this well-being, such as air-conditioned. UFERSA, located in the city of Caraúbas-RN, presents high temperatures, high humidity and other factors that result in feelings of discomfort. Climatic, personal and environmental variables were analyzed. The purpose of this work is to evaluate the design of the air conditioners in Block I, an evaluation was made on the conditions and performance of the equipment, analyzing their physical structure and their performance. The evaluations were made at the institution between September and October 2016, considering some variables such as driving load, solar radiation, building aspects, heat coming from the lighting, sensible heat and the latent heat coming from the users. With these variables, the total thermal load was calculated in a simplified way. With the calculation of the thermal load a comparison was made with the apparatuses used in rooms, verifying that the models used in the room could be replaced by another one of lower consumption resulting in this is a lower demand of electric energy. And for the operation of these devices to continue effectively, periodic maintenance is required.

**Keywords:** Thermal comfort, thermal load, air - conditioned

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01- Zoneamento bioclimático brasileiro .....                  | 22 |
| Figura 02- Compressor hermético do tipo Scroll marca ELGIN .....     | 25 |
| Figura 03- Válvula de expansão marca ELGIN .....                     | 26 |
| Figura 04- Condensador de ar .....                                   | 26 |
| Figura 05- Evaporador.....                                           | 27 |
| Figura 06- Termo Higrômetro Digital com Cabo extensor - TH 439 ..... | 36 |
| Figura 07- Minisplit do tipo piso-teto – catálogo CARRIER.....       | 44 |
| Figura 08- Ar condicionado Sala 08 .....                             | 45 |
| Figura 09- Ar condicionado Sala 06.....                              | 45 |
| Figura 10- Ar condicionado Sala 01 .....                             | 46 |
| Figura 11- Ar condicionado Sala 07 .....                             | 46 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 01- Tabela orientativa de possíveis ocorrências no equipamento condicionadores de ar ..... | 28 |
| Tabela 02- Índice de resistividade térmica da vestimenta .....                                    | 32 |
| Tabela 03- Acréscimo ao Diferencial de Temperatura $-\Delta t$ em °F e em °C .....                | 33 |
| Tabela 04-Memorial de cálculo da carga térmica aproximada.....                                    | 41 |

## LISTA DE SIGLAS

|        |                                                                           |
|--------|---------------------------------------------------------------------------|
| ABNT   | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                  |
| ASHRAE | American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers |
| COSERN | Companhia Energética do Rio Grande do Norte                               |
| CTMF   | Curva do Tempo Médio para Falha                                           |
| IBGE   | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                           |
| ISO    | International Organization for Standardization                            |
| NBR    | Norma Brasileira                                                          |
| OMS    | Organização Mundial de Saúde                                              |
| UFERSA | Universidade Federal Rural do Semi-Árido                                  |
| RN     | Rio Grande do Norte                                                       |
| Kcal/h | Quilo caloria por hora                                                    |
| KW.h   | Quilo Watt hora                                                           |
| H      | Hora                                                                      |
| Min    | Minuto                                                                    |

## SUMÁRIO

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                                    | 15 |
| 2. REVISÃO DA LITETURATURA.....                       | 17 |
| 2.1 DEFINIÇÕES .....                                  | 17 |
| 2.2 VARIÁVEIS DO CONFORTO TÉRMICO .....               | 17 |
| 2.2.1 Variáveis Climáticas.....                       | 17 |
| 2.2.1.1 Temperatura.....                              | 18 |
| 2.2.1.2 Umidade Relativa do Ar .....                  | 18 |
| 2.2.1.3 Velocidade do Ar.....                         | 19 |
| 2.2.2 Variáveis Pessoais .....                        | 19 |
| 2.2.2.1 Metabolismo .....                             | 19 |
| 2.2.2.2 Vestimenta .....                              | 20 |
| 2.2.2.3 Variáveis do Ambiente .....                   | 20 |
| 2.5 MANUTENÇÃO.....                                   | 22 |
| 2.5.1 Definições de Manutenção .....                  | 22 |
| 2.5.2 Tipos de Manutenção.....                        | 22 |
| 2.5.3 Manutenção Corretiva .....                      | 22 |
| 2.5.4 Manutenção Preventiva .....                     | 23 |
| 2.5.5 Manutenção Preditiva .....                      | 23 |
| 2.5.6 Manutenção Detectiva .....                      | 23 |
| 2.5.7 Importância de Uma Adequada Manutenção .....    | 24 |
| 2.6 AR-CONDICIONADOS E SEUS ELEMENTOS .....           | 24 |
| 2.6.1 Principais Problemas nos Ar-condicionados ..... | 27 |
| 2.7 CARGA TÉRMICA .....                               | 28 |
| 2.7.1 Norma 16401 .....                               | 29 |
| 3. METODOLOGIA.....                                   | 30 |
| 3.1 LOCALIZAÇÃO.....                                  | 30 |
| 3.2 ESTRUTURA FÍSICA .....                            | 30 |
| 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....                 | 30 |
| 3.4 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA.....                     | 31 |
| □ Carga de condução .....                             | 31 |
| □ Radiação solar.....                                 | 32 |
| □ Aspectos da edificação.....                         | 32 |
| □ Influência da umidade do ar.....                    | 33 |
| □ Calor sensível e calor latente .....                | 34 |

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| □ Calor proveniente da iluminação .....                                                                 | 35 |
| 3.5 EQUIPAMENTO UTILIZADO .....                                                                         | 35 |
| 3.6 AVALIAÇÃO DO BLOCO DE SALA I .....                                                                  | 36 |
| 4. RESULTADOS E DISCURSSÕES .....                                                                       | 37 |
| 4.1 INFORMAÇÕES GERAIS .....                                                                            | 37 |
| 4.2.1 Transmissão e Insolação Através de Vidros Externos.....                                           | 38 |
| 4.2.2 Transmissão e Insolação por Meio das Paredes .....                                                | 38 |
| 4.2.3 Insolação e transmissão através do telhado .....                                                  | 39 |
| 4.2.4 Carga Devido à Iluminação .....                                                                   | 39 |
| 4.2.5 Calor Latente e o Calor Sensível Gerado pelos Usuários.....                                       | 39 |
| 4.2.6 Calor Gerado por Outras Fontes .....                                                              | 40 |
| 4.2.7 Carga Térmica Total .....                                                                         | 40 |
| 4.2.8 Memorial de Cálculo .....                                                                         | 41 |
| Tabela 4 – Memorial de cálculo da carga térmica aproximada .....                                        | 41 |
| 4.2.9 Consumo Ativo.....                                                                                | 42 |
| 4.4 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS .....                                                                       | 44 |
| 4.5 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO BLOCO DE SALAS I .....                                                       | 44 |
| 5. CONCLUSÕES .....                                                                                     | 48 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                        | 49 |
| ANEXO 1 – ARQUITETÔNICO - BLOCO DE SALAS DE AULAS - R01 .....                                           | 52 |
| ANEXO 2 - NBR Instalações Centrais de Ar-Condicionado para Conforto-Parâmetros Básicos de Projeto ..... | 53 |
| ANEXO 3 – Tabelas Adicionais do Livro Instalações Ar Condicionado. ....                                 | 54 |

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Corbella e Yannas (2003) o objetivo primordial de uma edificação é oferecer a seus usuários condições de conforto e de proteção. Para essas condições de conforto é essencial garantir o conforto térmico.

Com isso a climatização em edificações escolares deve ser realizada de forma satisfatória proporcionando um melhor conforto e consequentemente uma melhora do espaço pedagógico, uma vez que os alunos e professores na sua maioria gastam mais tempo nos ambientes internos da escola do que em sua própria edificação residencial (CORBELLA E YANNAS, 2003).

Em busca de um desempenho ambiental agradável, é preciso se levar em consideração várias condições climáticas que exerce influência no ambiente como, temperatura, vento, umidade, iluminação seja ela artificial ou natural e proteção do ambiente. Deve-se ter um ar de qualidade no ambiente interno buscando a salubridade, higiene e segurança aos que se utilizam desses locais.

Na questão do conforto térmico, são levados em conta outros fatores além dos fatores físicos ambientais, como por exemplo, os aspectos pessoais. Segundo Lamberts et al (2005), o conforto térmico é definido como “estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda”, pois cada pessoa possui um metabolismo diferente, e é possível que algumas estejam confortáveis em determinado local e outras não, levando em consideração as atividades desenvolvidas e as vestimentas. A American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers define conforto térmico como: “condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico [...]” (ASHRAE, 2012).

Na Associação Brasileira de Normas Técnicas um conjunto de normas exemplificando parâmetros para se atingir condições satisfatórias de conforto, como por exemplo, a NBR-16401 contém as especificações e diretrizes quanto aos projetos das instalações, parâmetros de conforto térmico e qualidade no ambiente.

O local de ensino deve ter condições de conforto garantidas de modo que o desenvolvimento das atividades e também o processo de aprendizagem seja de forma eficaz, sendo ele confortável e bem adaptado. Para garantir essas condições, normalmente são inseridos aparelhos que auxiliam na sensação de bem estar no ambiente. No quesito conforto

térmico podemos citar o ar condicionado para se ter uma agradável sensação térmica. Juntamente com seu uso deve-se fazer uma manutenção correta e adequada, prevenindo falhas e/ou até defeitos eliminando possíveis danos a que venha prejudicar o desempenho do aparelho.

### 1.1 Objetivos Gerais

Avaliar o projeto dos ar-condicionados das salas de aula do Bloco de Sala I da Universidade Rural do Semi-Árido, campus Caraúbas, Rio Grande do Norte.

### 1.2 Objetivos Específicos

- Calcular a carga térmica com base na NBR 6401;
- Avaliar se o dimensionamento dos ar-condicionados está em conformidade com a NBR 6401.

## **2. REVISÃO DA LITETURATURA**

### **2.1 DEFINIÇÕES**

O conforto térmico se manifesta diretamente na sensação de bem-estar do ser humano no ambiente no qual se encontra. Para ter essa satisfação, existe um conjunto de fatores que influenciam de forma direta e indireta.

Segundo Ruas (1999) o conforto térmico num determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem-estar experimentada por uma pessoa, como resultado da combinação satisfatória que relaciona diversos aspectos e condições resultando assim um conforto térmico, proporcionando um bem-estar e satisfação do ser humano.

Para Corbella e Yannas (2003), o indivíduo está confortável no espaço em que habita quando se sente em neutralidade com relação a ele. Sendo assim as edificações influenciam também, de forma direta na qualidade da atividade que irá ser executada naquele ambiente. Então, o conforto térmico resulta do conjunto de diversas variáveis.

### **2.2 VARIÁVEIS DO CONFORTO TÉRMICO**

As variáveis atuantes no conforto térmico, segundo Frota e Schiffer (2001) são divididas em três tipos, sendo elas: climáticas, humanas e do ambiente. Portanto, nas variáveis climáticas, levamos em conta a temperatura, umidade e velocidade do ar. Nas do ambiente, consideramos a orientação da edificação, área e material de janelas e paredes, iluminação artificial, equipamentos, demanda de renovação de ar externo e infiltração. Já nas variáveis humanas são considerados o metabolismo e a vestimenta usada no local. Porém ainda existem vários fatores que podem ser considerados, como sexo, altura, idade e peso.

#### **2.2.1 Variáveis Climáticas**

Denominada também como variável meio ambiente, constitui-se das características geográficas específicas de cada lugar, sendo elas a temperatura, umidade relativa, velocidade do ar.

### 2.2.1.1 Temperatura

É um fator climático que pode ser medido facilmente e também um dos mais conhecidos. A variável temperatura pode ser dividida em dois tipos, em temperatura radiante e a temperatura do ar. A temperatura do ar é um dos aspectos mais importantes para a determinação do conforto térmico, no qual ela é fundamentada por meio da quantidade de calor que o corpo perde através da diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente em que está inserido. Esse processo é denominado convecção. Já a temperatura radiante média está relacionada com o somatório de cada componente daquele ambiente, como por exemplo, os elementos de construção e o mobiliário no qual circunda o usuário. A temperatura é conceituada pela norma NBR 15220-1 (2005) como, “temperatura uniforme de um ambiente imaginário, na qual a troca de calor do corpo humano por radiação é igual à troca de calor por radiação no ambiente real não uniforme”, no qual esse ambiente não oferece condições satisfatórias. A temperatura radiante para corpo negro padronizado e convecção forçada é representada pela Equação 1. (LAMBERTS ET AL ,2004)

$$T_r = [(T_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot V_{ar}^{0,6} \cdot (T_g - T_{ar})]^{1/4} \quad [\text{Equação 01}]$$

Onde:

$T_r$  = Temperatura radiante média (K);

$T_g$  = Temperatura do corpo negro (K);

$T_{ar}$  = Temperatura do ar;

$V_{ar}$  = Velocidade do ar.

### 2.2.1.2 Umidade Relativa do Ar

Vapor d'água de uma das fases do ciclo da água decorre do processo de evaporação, sendo considerada uma variável física. De acordo com Pinto, Zullu e Ávila (2008), os lugares com umidade que permanecem baixas sofrem de ausência de chuvas, resultando em um clima seco podendo ocasionar diversos problemas, como doenças respiratórias, olhos irritados, alergias entre outros. Segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde) um nível aceitável de umidade relativa do ar deve estar acima de 30%. Então quanto maior a umidade, menor é a eficiência da evaporação na remoção do calor.

A umidade pode ser definida como uma proporção entre a quantidade de vapor de água presente na atmosfera com a quantidade de vapor de água que atmosfera suporta em uma dada temperatura, indicando assim a de precipitação. Tendo uma grande influência na retirada de calor através da evaporação, então a baixa umidade relativa permite ao ar seco absorver a umidade da pele de forma mais rápida, promovendo assim a retirada de calor do corpo.

### 2.2.1.3 Velocidade do Ar

A variável velocidade do ar tem um papel de grande influência na sensação de conforto térmico, favorecendo assim as trocas de calor entre a pele e o meio. Influencia também no processo de convecção, onde ocorrem às trocas de calor dependem da diferença de temperatura do ar e do sistema corpo-vestimenta, e também a velocidade do ar em contato. A sensação térmica pode ser influenciada pela intensidade da ventilação, sendo contribuindo para a remoção de calor de acordo com a variação da temperatura do ar e da umidade relativa. Assim sendo a velocidade média do ar é definida em função da temperatura do ar e da intensidade de turbulência, variando entre 30% e 60% a velocidade do ar em locais ventilados. (Frota e Schiffer, 2003). Para sensação de conforto não existe um valor mínimo, porém para valores altos pode nivelar a noção de calor oriundo do aumento de temperatura do ambiente. (ISO 7730, 2005).

### 2.2.2 Variáveis Pessoais

#### 2.2.2.1 Metabolismo

Consiste em um conjunto de mudanças, transformações e reações químicas, com objetivo de manter o corpo a uma temperatura estável de 36,7° C. Segundo a Norma 16401-2, o metabolismo corresponde à taxa de transformação de energia química em calor e trabalho mecânico por atividades metabólicas no organismo, denominando assim a taxa metabólica. O metabolismo se relaciona à atividade que está sendo executada naquele determinado instante, sendo dividido em dois mecanismos. O metabolismo basal correspondente à taxa durante o repouso absoluto e o metabolismo de atividade, relaciona-se ao esforço físico do indivíduo, podendo ser 20 vezes superior ao metabolismo basal.

#### 2.2.2.2 Vestimenta

A vestimenta usada pelos usuários de um recinto evita o contato direto com o clima de um determinado ambiente, seja ele frio ou quente, sendo um bloqueio para a transferência de calor por meio da convecção. Em locais de clima seco, as vestimentas corretas podem conservar a umidade oriunda do organismo pela transpiração. Portanto, a vestimenta está relacionada com a temperatura média do local, a movimentação do ar e o calor produzido pelo organismo. Além da umidade e atividade a ser desempenhada pelo indivíduo. As vestimentas são ainda responsáveis pelo mecanismo que reduz a sensibilidade do corpo as mudanças de temperatura e velocidade do ar.

#### 2.2.2.3 Variáveis do Ambiente

São consideradas as variáveis do ambiente as características e aspectos da própria edificação: a orientação geográfica visando ter conhecimento da incidência da iluminação solar; o material utilizado nas portas e janelas de forma que possibilite ou dificulte as trocas de calor com o ambiente externo. Levando em conta também os equipamentos que geram calor dentro do recinto, contribuindo no aumento do calor no local.

### 2.3 AMBIENTES ESCOLARES

Segundo Duarte (1995), ao se projetar e construir os espaços destinados ao uso humano, muitas vezes não se considera o conforto a ser proporcionado aos seus usuários, seja ele no aspecto térmico, luminoso, acústico ou ergonômico.

O ambiente escolar detém requisitos para se obter uma boa execução nas atividades pedagógicas. De acordo com Farias (2009), dentre os principais fatores para esse desenvolvimento temos: ruídos, iluminação e a temperatura, formando assim um conjunto de condições que resultam em um ambiente favorável para o aprendizado e a saúde dos usuários.

### 2.4 CARTA BIOCLIMÁTICA

Em seus estudos Olgay (1963) buscou, dentro de uma sequência de variáveis interdependentes, como clima, biologia, tecnologia e arquitetura, encontrar um método que compreendesse de início uma análise nos dados climáticos juntamente com uma avaliação tanto psicológica como biológica. Foi a partir dos resultados obtidos através desses estudos,

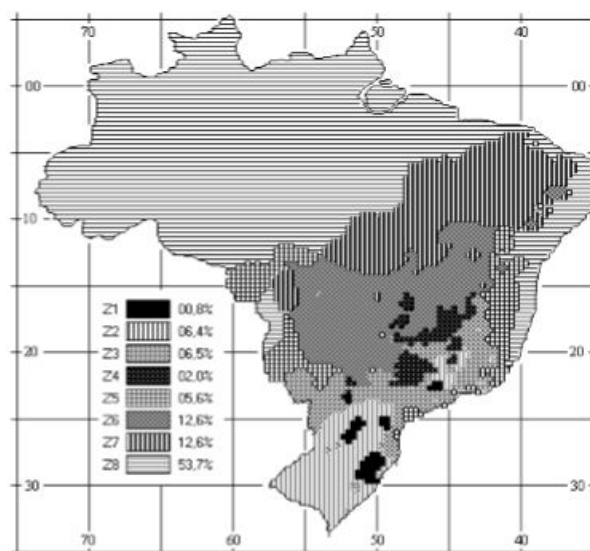
que foi elaborada a primeira carta bioclimática do mundo, representando uma tentativa de relacionar os dados climáticos com sensação de conforto em atividades leves e com vestimentas.

Assim foi desenvolvida por Olgay (1963) uma metodologia que indicava com a plotagem dos dados climáticos, temperaturas médias mensais horárias. Por meio da carta chegaram a estratégias mais aconselháveis em cada hora, de determinada região (Grzybowki, 2004).

Givoni em 1992, a partir do método de Olgay, propôs a primeira carta bioclimática para o Brasil, onde ilustra as “zonas” de conforto e meios de arquitetura bioclimática, a partir dos valores de umidade e temperatura do local (Krause, 2005). Levando em conta também a adaptação das pessoas que vivem em países que apresentam clima quente e países em desenvolvimento.

Segundo a NBR 15220-3, o território brasileiro está dividido em oito zonas bioclimáticas (Figura 1), foram classificadas 330 cidades em todos os estados do Brasil.

**Figura 1- Zoneamento bioclimático brasileiro**



Fonte: ABNT NBR 15220-3, 2003.

## 2.3 MANUTENÇÃO

### 2.3.1 Definições de Manutenção

A manutenção foi definida como sendo o conjunto de todas as ações necessárias para que um item seja conservado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição desejada, a ABNT em 1975 pela norma TB-116 denominou assim o termo manutenção. Já em 1994, a NBR-5462 vem com o conceito de manutenção revisada como sendo a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo supervisões objetivando manter ou recolocar itens que apresentem algum defeito ou falha que esteja interferindo no seu desempenho e função. Assim, todo o conjunto de ações necessárias para se manter a conservação por um determinado período, as condições originais de uma máquina ou equipamento, mesmo havendo um desgaste de forma natural ou até mesmo previsto para não vim a intervir no processo produtivo. (ABNT, 1975)

### 2.3.2 Tipos de Manutenção

A manutenção é dividida em quatro tipos principais de práticas básicas, considerada por diversos autores. São classificadas a partir da sua aplicabilidade no sistema que venha ser implantado. Dentre elas, temos: manutenção corretiva planejada e não planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva.

### 2.3.3 Manutenção Corretiva

De acordo com Slack et al. (2002) “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem”, sendo considerada precedente das outras e também possui a forma mais simples de manutenção. Consiste na substituição das peças ou elementos que estão desgastados ou que tentam sofrer falha no seu desempenho ocasionando parada na máquina ou equipamento, denominando assim como o conjunto de reparos em equipamento que apresentem falhas. Geralmente, os consertos são feitos sem nenhum planejamento e sem caráter emergencial. A manutenção corretiva é subdividida em dois tipos. Na manutenção corretiva não planejada: somente após apresentar a falha ou a diminuição do desempenho ocorre o reparo, sem acompanhamento ou mesmo planejamento prévio. Consequentemente ela tem altos custos, pois causa perdas de produção. A extensão dos danos aos equipamentos é maior e gera uma baixa confiabilidade na produção (OTANI & MACHADO, 2008). A corretiva planejada é uma manutenção preparada. Atua de acordo com a decisão gerencial de

operar diante da falha ou a uma assistência preditiva, ou pela decisão de operar até a quebra, assim sendo um planejamento com custos baixo, mais ágil e mais seguro, possuindo um nível melhor de qualidade. Entretanto se torna impossível retirar de forma completa este tipo de manutenção, pois em muitos casos não se pode prever com exatidão momentos de falhas ou defeitos.

#### 2.3.4 Manutenção Preventiva

Apresenta como objetivo principal prevenir eventos de falha ou parada de algum equipamento ou máquina, em forma de acompanhamento de maneira corretiva em períodos. Este processo é responsável por analisar o comportamento e desempenho desses equipamentos que podem chegar a parar ou até mesmo interromper o processo de produção de forma planejada e programada. Ou seja, os reparos e recondicionamentos de máquinas, na maioria das empresas, são planejados a partir de estatísticas feitas dentro da empresa.

#### 2.3.5 Manutenção Preditiva

Esta forma de manutenção permite a troca de peças ou reparos dos componentes, ampliando o intervalo de manutenção, em razão de isso é feito quando um elemento ou peça estará perto do fim da sua vida útil. Através da realização de um acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, visando definir o instante correto da intervenção, com o máximo de aproveitamento do ativo (OTANI & MACHADO, 2008). Assim sendo assim, é aquela conduzida em intervalos previamente determinados com finalidade de diminuir a possibilidade de o equipamento ficar em condição abaixo do nível aceitável de funcionamento. Atua com base na alteração das condições ou desempenho do equipamento, obedecendo a uma sistemática.

#### 2.3.6 Manutenção Detectiva

Atua de forma efetiva nos sistemas de proteção buscando falhas não perceptíveis ou falhas ocultas. A identificação de falhas ou defeitos é obtida de forma direta, às informações retiradas a partir do processamento. O objetivo da prática desta política é aumentar a confiabilidade dos equipamentos. (Souza, 2008).

### 2.3.7 Importância de Uma Adequada Manutenção

Com uma manutenção adequada de equipamentos garantimos a confiança e a segurança dos equipamentos, melhorando assim a qualidade e reduzindo os custos e evitando desperdícios e perdas. Certificando da disponibilidade de função e desempenho do equipamento.

## 2.4 AR-CONDICIONADOS E SEUS ELEMENTOS

Um dos equipamentos mais usados atualmente para melhoria do conforto é o ar-condicionado, principalmente em locais que apresentam temperaturas elevadas e com baixa umidade relativa. Todo equipamento e/ou aparelho para se ter seu pleno funcionamento, deve-se ter certos cuidados. Por exemplos nos ar condicionados, alguns problemas apresentados nesses equipamentos pode proporcionar a diminuição do seu desempenho ocasionando uma diminuição na sua capacidade de refrigeração ocasionando um consumo maior da eletricidade. Esses cuidados podem ser feito através da manutenção garantido a disponibilidade da função e desempenho, atendendo assim uma sensação satisfatória para os usuários (Pinto, 1999).

O condicionador de ar tem como objetivo principal proporciona temperaturas agradáveis. O resultado desse processo proporciona sensação agradável de conforto térmico.

O funcionamento do ar condicionado consiste no resfriamento do líquido refrigerante dentro do conjunto de serpentina, este refrigerante chamado R-22 tem como base moléculas de cloro, flúor e carbono. Essa substância passa do estado líquido para o estado vapor a uma temperatura em torno de 4°C, percorrendo assim o conjunto de serpentinas, condensadores e evaporadores, absorvendo assim o calor que foi retirado do ambiente interno. E com essa mudança ocorre uma queda na temperatura no recinto. Por meio de um sensor localizado a unidade evaporadora tem como função tanto desliga o condensador como aciona-lo novamente quando se tem uma mudança na temperatura fazendo novamente a circulação do gás refrigerante dentro do sistema.

Segundo Creder (2004), o sistema de funcionamento do ar-condicionado, denominado como ciclo de refrigeração por compressão de vapor é composto por quatro peças principais e auxiliares. As principais são compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador.

- O compressor é considerado o “coração” de um sistema de refrigeração. Através dele o fluido refrigerante é bombeado e circulado por todo o sistema, estando ele no estado líquido ou gasoso, dando início ao processo de refrigeração. Possui serpentinas que funcionam como um trocador de calor, responsável pela mudança na temperatura do ar, proporcionando aquecimento ou refrigeração no local. Sua finalidade é o receber e comprimir o fluído R-22 proveniente da unidade evaporadora, aumentando a pressão do gás e também sua temperatura, logo depois o gás deixa o compressor e o gás passa novamente pelo condensador ocorrendo assim à troca de calor com o ambiente. (Figura 2)

**Figura 2** - Compressor hermético do tipo Scroll marca ELGIN.



Fonte: <<http://www.elgin.com.br/portalelgin/Site/Produto/Detalhe/ProdutoDetalhe.aspx?idprod=184&sm=p102>> Acesso em: 23/10/2016.

- A válvula de expansão é responsável pela estabilização do fluxo do líquido por meio da sua expansão diante da necessidade da quantidade de pressão que o condicionador de ar precisa para se ter uma vaporização do refrigerante de forma eficaz. (Figura 3)

**Figura 3** - Válvula de expansão marca ELGIN.



Fonte: < <http://sistemamanutencoes.com/principais-defeitos-trocador-de-calor/valvula-de-expansao/> >

Acesso em: 23/10/2016.

- O condensador é responsável pela transferência de calor do sistema para o ar, realizando do calor para o ambiente externo. (Figura 4)

**Figura 4** – Condensador de ar.



Fonte: < <http://climaeciaarcondicionado.com.br/dicas/condensadores/> > Acesso em: 23/10/2016.

- O evaporador tem como função principal transferir o calor do ambiente refrigerado para o fluído refrigerante que está sendo circulado, fazendo com que o estado do fluído refrigerante passe do estado líquido para o estado de vapor e local onde sai o ar com a temperatura de acordo como foi programada. (Figura 5)

**Figura 5 – Evaporador.**



Fonte: < [http://www.refrigeracao.net/Topicos/evaporador\\_1.htm](http://www.refrigeracao.net/Topicos/evaporador_1.htm) > Acesso em: 23/10/2016.

#### 2.6.1 Principais Problemas nos Ar-condicionados

Geralmente os problemas apresentados em equipamentos de ar condicionados são divididos em dois tipos principais, o problema mecânico e problema elétrico. A maioria dos problemas presentes nos ar condicionados está diretamente relacionada à falta de uma manutenção adequada e periódica.

Os possíveis problemas que ocorre nos equipamentos condicionadores de ar, com suas causas e as possíveis ações corretivas a ser tomadas segundo alguns manuais de instruções disponibilizados pelos fabricantes. São apresentados na tabela 1.

**Tabela 1** – Tabela orientativa de possíveis ocorrências no equipamento condicionadores de ar.

| Ocorrências                                                                                                      | Possíveis Causas                               | Soluções                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Compressor e motores da unidade condensadora e evaporadora funcionam, mas o ambiente não está sendo refrigerado. | Capacidade térmica insuficiente                | Refazer o levantamento da carga térmica do ambiente                                               |
|                                                                                                                  | Instalação incorreta                           | Verificar o local de instalação                                                                   |
|                                                                                                                  | Vazamento de gás                               | Localizar o vazamento e repará-lo.                                                                |
|                                                                                                                  | Serpentinas obstruídas por sujeira             | Desobstruir o evaporador e condensador.                                                           |
| Compressor não arranca.                                                                                          | Interligação elétrica com mau contato          | Colocar o cabo elétrico adequadamente na fonte de alimentação                                     |
|                                                                                                                  | Baixa ou alta voltagem                         | Poderá ser utilizado um estabilizador automático com potência em Watts condizente com o aparelho. |
|                                                                                                                  | Caixa de comando elétrico                      | Usar um ohmímetro voltímetro para detectar o defeito. Se necessário troque o comando.             |
|                                                                                                                  | Excesso de gás                                 | Verificar, purgar se necessário.                                                                  |
| Motores dos ventiladores não funcionam.                                                                          | Motor do ventilador defeituoso.                | Proceder à ligação direta do motor do ventilador, caso não funcione, substituir o mesmo.          |
|                                                                                                                  | Ligações elétricas incorretas ou fios rompidos | Verificar a fiação, reparar ou substituir a mesma.                                                |

Fonte: Springer Carrier. 2009 (Adaptado)

## 2.5 CARGA TÉRMICA

Representa o somatório de todos os calores presentes em um determinado local. Podem ser calculadas segundo a norma NB-158 da ABNT, na qual é formulada de maneira simplificada e com suas variáveis definidas no qual possui cada valor a serem considerados. Denominada também como a quantidade de calor a ser retirado ou concedido ao ar para obter um ambiente com condições desejadas, no qual é característica em carga térmica interna. Ou seja, consiste na quantidade de calor que devera ser retirado do recinto, proporcionando assim condições climáticas satisfatórias para o conforto humano.

### 2.5.1 Norma 16401

A NBR 16401 é dividida em três partes onde sua primeira parte tem a previsão de conceituar de maneira simples no aspecto do projeto das instalações, a segunda parte exemplifica e descreve parâmetros de conforto térmico e a última parte segue com qualidade do ar interior.

A NBR 16401-2 foi realizada para a especificação de forma completa dos parâmetros do ambiente interno proporcionando um conforto aos usuários dos locais providos de ar condicionado, detalhando questões relacionadas ao conforto térmico (área do ambiente, número de pessoas, entre outros), atendendo assim a maioria dos seus ocupantes de forma subjetiva.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido campus Caraúbas, localiza-se no estado do Rio Grande do Norte pertencente ao município de Caraúbas, situado na mesorregião chapada do Apodi. Possui um clima muito quente e semi-árido: precipitação média anual de 649,8 mm/ano, temperaturas anuais em torno de 22 °C e 32 °C, umidade relativa em torno de 66% e o tempo de insolação aproximadamente de 2700 horas/ano (IBGE, 2013).

#### 3.2 ESTRUTURA FÍSICA

A UFERSA possui atualmente três blocos de sala de aula, no qual o estudo foi restrito ao Bloco de Sala I. O mesmo contém dez salas, onde cada uma possui dois aparelhos de ar condicionado. As salas têm em máxima ocupação de 64 alunos e seu uso é feito nos três turnos (manhã, tarde e noite) e possui uma área de 63 m<sup>2</sup>.

#### 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram adotados para estudo e análise as condições de conforto térmico através da análise do projeto dos ar-condicionados implantados nas salas do Bloco de Sala I na UFERSA, campus Caraúbas. A carga térmica de cada sala do bloco foi calculada de maneira simplificada segundo a NBR 16401, no qual foram considerados alguns fatores que influenciam direta e indireta na análise das instalações e no cálculo da carga térmica. Carga de condução, coeficiente global de transmissão de calor, energia radiante solar, características do material utilizado tanto nas janelas como nas portas, a umidade do ar e iluminação.

Porém para o caso em estudo foram adotados alguns parâmetros de acordo com NR 15 220-3, na qual exemplifica as zonas bioclimáticas, sendo divididas de acordo com suas características apresentadas. Uma das cidades do Rio Grande do Norte, Mossoró, na qual está localizada aproximadamente a 75 km de Caraúbas, foi classificada com característica da zona bioclimática 7, sendo assim consideradas características semelhantes com o município onde está inserido o caso estudado.

Com as condições presentes na região, há uma necessidade de se fazer uso de aparelhos que ofereçam um bem-estar, fazendo uso assim de ar-condicionados visando

melhorias e eficiência na climatização desses locais. Entretanto, é necessário que os ar-condicionados tenham uma manutenção periódica e acompanhamento do seu funcionamento, fazendo assim uma correta manutenção visando prevenir futuras falhas e defeitos, o que pode ocasionar perda no desempenho do equipamento.

### 3.4 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

De acordo Creder (2004), a carga térmica é a quantidade de calor tanto sensível como latente, fornecida geralmente em Unidade de Calor por hora (BTU/h) ou em Quilocaloria por hora (kcal/h), à medida que deve ser retirada ou adicionada no local proporcionando assim condições satisfatórias para se tiver um conforto térmico. Existem diversos fatores que contribuem de calor no ambiente, sendo os principais:

- Radiação solar por meio de superfícies transparentes tais como vidros das janelas;
  - Condução de calor através das paredes externas e internas (telhados, tetos e pisos);
  - Calor gerado dentro do ambiente pelos ocupantes, luzes, equipamentos fonte geradora de calor;
  - Calor proveniente da ventilação e infiltração de ar exterior.
- **Carga de condução**

A carga de condução consiste em expressar de forma matemática a transmissão geral de calor, representada por meio do processo de condução em função do tempo. Sendo calculada de acordo com os materiais usados nas edificações do Bloco de Sala I. (Creder, 2004).

A carga de condução é calculada de acordo com a seguinte equação:

$$Q = A \times U \times \Delta T \quad \text{[Equação 02]}$$

Onde, temos:

Q= taxa de transferência de calor em kcal/h;

A= área da superfície normal ao fluxo em m<sup>2</sup>;

U= Coeficiente global de transmissão de calor kcal.m/h. m<sup>2</sup>°C;

$\Delta T$  = diferença de temperatura entre as duas superfícies.

- **Radiação solar**

Representa a maior parcela no cálculo da carga térmica, de forma geral, é proveniente do processo de radiação. Através da absorção, a energia solar por meio da radiação, pode ser inserida no recinto tanto em quantidades maiores como menores, dependendo do brilho da superfície refletora. (CREDER, 2004). O percentual de energia radiante em função da cor é apresentado na tabela 2:

**Tabela 2**– Índice de resistividade térmica da vestimenta

|                    | Calor refletido | Calor absorvido |
|--------------------|-----------------|-----------------|
| Alumínio<br>polido | 72%             | 28%             |
| Vermelho-<br>claro | 37%             | 63%             |
| Preto              | 6%              | 94%             |

Fonte: Creder, 2004.

- **Aspectos da edificação**

Existem outros fatores que influenciam a temperatura dos tetos e paredes, como: sua localização (coordenadas geográficas), a inclinação dos raios do sol, o tipo de construção, cor e rugosidade da superfície e refletância da superfície. Também foi considerando o horário de uso das salas admitindo o valor máximo da incidência dos raios solares nos cálculos realizados. (CREDER, 2004).

- A transmissão de calor do sol através de superfícies transparentes, como vidros a energia radiante solar é dividida em três partes: refletida, absorvida e a que atravessa o vidro, na qual a última que interessa no cálculo da carga térmica levando em conta se a janela possui ou não proteção, sendo ela protegida consideramos os coeficientes de redução.

- Na transmissão de calor do sol através de superfícies opacas, levamos em conta as paredes, lajes e telhados no qual propaga através da condução e convecção a energia solar, através da seguinte equação:

$$Q = A \times U (T_e - T_i) + \Delta t \quad [\text{Equação 04}]$$

Onde:

A = Área da superfície normal ao fluxo em m<sup>2</sup>;

U = Coeficiente global de transferência de calor kcal/ (h·m<sup>2</sup>°C);

T<sub>i</sub> e T<sub>e</sub> = Temperaturas interna e externa da superfície de espessura L em °C;

Δt – Acréscimo ao diferencial de temperatura dado na Tabela 3.

**Tabela 3** – Acréscimo ao Diferencial de Temperatura – Δ t em °F e em °C.

| 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  | 5,0       | 2,7 |
| Parede S      | 0          | 0    | 0         | 0    | 0         | 0   |

Fonte: Creder, 2004

Assim foi calculada a transmissão de calor de acordo com as características da arquitetura das salas e sua localização.

- **Influência da umidade do ar**

A umidade do ar influencia de forma direta na carga do calor latente, ou seja, quando ocorre o aumento da umidade consequentemente se tem o aumento da carga do calor latente,

denominando assim o acréscimo de calor latente é expresso pelo peso da unidade. (CREDER, 2004).

- **Calor sensível e calor latente**

O organismo do ser humano pode emitir dois tipos de calor, sendo eles o calor sensível e o calor latente. O calor latente é alterado juntamente com seu estado (repouso ou desempenhando uma atividade) e calor sensível é quando ocorre mudança na temperatura, ou seja, quando a temperatura é elevada. A temperatura média do ser humano é em torno de 37°C. Possuímos um mecanismo termostático, atuando no metabolismo para conservar a temperatura constante, mesmo com as variações provocadas por condições externas. Quando ocorre uma variação de temperatura externa a quantidade de calor sensível também sofre um aumento. (CREDER, 2004).

Para o calor sensível é utilizado seguinte equação 5:

$$Q = n \times S \quad \text{[Equação 05]}$$

Onde:

Q= taxa de fluxo de calor transmitida em kcal/h;

S= calor sensível de cada usuário;

n= número de usuários no recinto.

E para o calor latente:

$$Q = n \times L \quad \text{[Equação 06]}$$

Onde:

Q= taxa de fluxo de calor transmitida em kcal/h;

L= calor latente de cada usuário;

n= número de usuário no recinto.

- **Calor proveniente da iluminação**

A carga devido à iluminação influencia também na carga térmica do recinto. No cálculo para a carga, devemos diferenciar os tipos de iluminação usada no local, podendo ser ela fluorescente ou incandescente. Na iluminação fluorescente adiciona aproximadamente 20% de carga na qual é utilizada no estudo de caso. Expressa em Watts. Sendo assim, para se obter a carga térmica em kcal/h foi adotada a relação  $1\text{kW/h} = 1\text{Kcal/h}$ . Porém nem todas as lâmpadas são utilizadas na insolação máxima muitas podem estar desligadas. Calculada através da equação 7 (Creder, 2004).

$$Q = n \times (1 + r) \times P \quad [\text{Equação 07}]$$

Onde:

Q= taxa de fluxo de calor transmitida em kcal/h;

n = rendimento elétrico;

r = calor dissipada pelos próprios reatores;

P = Potência.

### 3.5 EQUIPAMENTO UTILIZADO

Com avaliação feita no Bloco de Sala I, utilizado o equipamento mostrado na figura 7, Termo Higrômetro, para a medição da temperatura externa e interna das salas de aulas. Na qual para os cálculos foram consideradas as temperaturas mais altas.

**Figura 6** – Termo Higrômetro Digital com Cabo extensor - TH 439.



Fonte: <[http://www.fxbiometria.com.br/media/catalog/product/cache/1/image/800x800/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/a/\\_/a\\_14\\_9.jpg](http://www.fxbiometria.com.br/media/catalog/product/cache/1/image/800x800/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/a/_/a_14_9.jpg)> Acesso em: 05/11/2016.

### 3.6 AVALIAÇÃO DO BLOCO DE SALA I

Foram feitas análises de cada aparelho de ar condicionado de cada sala pertencente ao bloco, coletando dados, verificando problemas apresentados e observando sua estrutura física buscando possíveis causas e apresentar devidas soluções.

## 4. RESULTADOS E DISCURSSÕES

### 4.1 INFORMAÇÕES GERAIS

A partir da coleta de dados do local, foram feitas avaliações no Bloco de Sala I e anotadas informações e características da edificação e arquitetura, que são utilizados para o cálculo da Carga Térmica. As informações colhidas foram:

- ✓ Localização: Caraúbas (latitude de 05° 47' 33" sul e longitude: 37° 33' 24" oeste) e altitude média de 144 metros em relação ao nível do mar;
- ✓ Pressão atmosférica: 1 atm;
- ✓ Características do ambiente: TBS: 32°C (No verão, segundo a NBR 6401); umidade relativa de 65% (No verão, segundo a NBR 6401);
- ✓ Características das salas de aula: consideraremos como sendo troca de calor com o ambiente externo, quando as paredes forem opostas;
- ✓ Composição e espessura de paredes internas e externas: compostos por cerâmica, tinta, argamassa, mistura de concreto e tijolo, argamassa e tinta;
- ✓ Iluminação: do tipo fluorescente. 24 lâmpadas de 40 W;
- ✓ Dimensões do recinto: a sala possui 10,5m x 6m, tendo assim 63 m<sup>2</sup> de área cada;
- ✓ Portas e janelas: uma porta por sala e três janelas, com dimensões de 2,25m<sup>2</sup>, 4,54m<sup>2</sup> de área respectivamente;
- ✓ Equipamentos e suas potências: possui um equipamento projetor com potência luminosa de 200 W;
- ✓ Pessoas e permanência: cálculo aproximado de 50 pessoas que passam em média 4 horas no local por cada turno;
- ✓ Dimensionamento: será feito para a área da sala (função da área x altura);
- ✓ Tipo de atividade: aulas e desenvolvimentos de atividades acadêmicas nas carteiras dispostas no local;
- ✓ Temperatura indicada para sala de aula: 23 a 25°C. (NBR 6401);
- ✓ Umidade indicada para sala de aula: 40 a 60%. (NBR 6401).

### 4.2 CONSIDERAÇÕES FEITAS E CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

Inicialmente com levantamento dos dados foi calculado de forma aproximada as contribuições de cada fonte de calor, fazendo relação com a carga térmica total do recinto.

Para o cálculo da carga térmica, expresso em BTU/h, deve-se considerar as seguintes fontes:

- Transmissão e insolação através de vidros;
- Transmissão e insolação de calor por meio das paredes externas;
- Insolação e transmissão através do telhado;
- Carga devido à iluminação;
- Calor latente interno gerado pelos usuários e outros;
- Calor sensível provenientes dos usuários e os equipamentos.

#### 4.2.1 Transmissão e Insolação Através de Vidros Externos

As salas possuem três janelas do tipo janela corrediças. Elas têm uma área de 4,54 m<sup>2</sup> cada, o coeficiente para as janelas de acordo com o período que foi feita a avaliação, na qual de acordo com Creder, no qual foi usado o coeficiente de  $U = 229 \text{ kcal}/(\text{h} \times \text{m}^2 \times ^\circ\text{C})$  destinados para valores máximos no período avaliado. E para as janelas foi utilizado o coeficiente de  $U = 5,18 \text{ kcal}/(\text{h} \times \text{m}^2 \times ^\circ\text{C})$  encontrado na tabela 3.3, no qual é destinado para janelas que são feitas de vidro comum. E para a variação de temperatura medida pelo Termo Higromêtro foi feita a diferença entre a temperatura externa e a temperatura interna da parede.

Para a carga térmica devido à insolação, temos:

$$Q = A \times U = (4,54 \times 229) \times 3 = 3.119,0 \text{ kcal/h}$$

Para a transmissão por meio dos vidros, temos:

$$Q = A \times U \times \Delta T = 4,54 \times 5,18 \times (39,1 - 23) \times 3 = 1.135,9 \text{ kcal/h}$$

#### 4.2.2 Transmissão e Insolação por Meio das Paredes

A edificação do Bloco de Sala I possui paredes internas, porém as mesmas foram desconsideradas no cálculo da carga térmica. Com isso foi considerada apenas as trocas de calor entre as paredes externas. A parede constituída pelo conjunto tinta, mistura de concreto e tijolo, argamassa, na qual os materiais da cerâmica, tinta e argamassa são finas de maneira que sua condutividade foi desconsiderada, sendo que a área total da parede externa de acordo com a planta baixa contida no anexo 1 é 28,35 m<sup>2</sup>. De acordo com Creder, temos o coeficiente para paredes feitas de tijolo de concreto furado de 10 cm comum, de  $U = 0,17 \text{ kcal}/(\text{h} \times \text{m}^2 \times$

°C), de acordo com a tabela 3.1, segundo Creder. Utilizando também a diferença de temperatura de 5,5°C devido à orientação das salas de aula, exemplificado na tabela 3. Fazendo a diminuição da área das janelas. Portanto temos:

$$Q = (A \times U \times \Delta T) + \Delta t$$

$$Q = 14,73 \times 0,17 \times (39,1 - 23) + 5,5 = 45,8 \text{ kcal/h}$$

#### 4.2.3 Insolação e transmissão através do telhado

O ambiente da sala, possui uma área do telhado de 63 m<sup>2</sup> calculado a partir do anexo 1. O coeficiente global de transferência de calor para o telhado considerado levando em conta, exposto por Creder é 2,11 kcal/(h x m<sup>2</sup> x °C). Logo, temos:

$$Q = A \times U \times \Delta T = 63 \times 2,11 \times (39,1 - 23) = 2\,140,2 \text{ kcal/h}$$

#### 4.2.4 Carga Devido à Iluminação

Cada sala de aula possui 24 lâmpadas fluorescentes com potência de 40 W cada. Onde “r” indica a porcentagem de calor dissipada pelos próprios reatores contidos nas fluorescentes (r = 0,075 para reatores eletrônicos). Em que o “n” consiste no seu rendimento, ou seja, no potencial elétrico da lâmpada, o rendimento utilizado pelos fabricantes fica em torno de 95% para lâmpadas fluorescentes (n=0,95).

A partir desses dados coletados, foi calculada a carga térmica proveniente da iluminação:

$$Q = n \times (1 + r) \times P = 0,95 \times (1 + 0,075) \times 40 \times 24 = 980,4 \text{ Kcal/h}$$

#### 4.2.5 Calor Latente e o Calor Sensível Gerado pelos Usuários

O único calor latente que irá contribuir para o valor da carga total é o gerado pelos alunos. Segundo a NBR 6401, afirma que cada aluno gera 40 W como é exemplificado na tabela 12. Cada sala comporta 64 alunos em média. Tem-se assim o calor latente interno, dado por:

$$Q = n \times L = 64 \times 40 = 2.560 \text{ kcal/h}$$

Conforme anteriormente, considerando 64 alunos, no qual passam 4 horas em média no local. Sendo o local uma universidade, onde os alunos irão executar movimentação leve, tendo assim um calor sensível liberado, com temperaturas entre 24°C sendo o valor mais próximo da temperatura utilizada, consultando a tabela 12 da NBR 6401 obtemos o valor de 66 kcal/h de calor sensível em média por aluno. Portanto, para o número total de usuários, temos:

$$Q = n \times S = 64 \times 66 = 4.224 \text{ kcal/h}$$

#### 4.2.6 Calor Gerado por Outras Fontes

Outros ganhos provenientes do aparelho de Datashow, de dutos e de infiltrações, foram desconsiderados do cálculo da carga térmica.

#### 4.2.7 Carga Térmica Total

Depois de todas as considerações e com os dados obtidos, a soma de todas as cargas é:

$$Q_{Total} = 3.119,0 + 1.135,89 + 45,82 + 2.140,20 + 980,4 + 2.560 + 4.224 =$$

$$Q_{Total} = 14.205,31 \text{ kcal/h}$$

## 4.2.8 Memorial de Cálculo

**Tabela 4** – Memorial de cálculo da carga térmica aproximada.

| <b>FONTE GERADORA</b>                      | <b>FÓRMULA</b>                                | <b>VALORES</b>                                   | <b>RESULTADO</b>              |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|
| Insolação através de vidros externos       | $Q = A \times U$                              | $(4,54 \times 229) \times 3 =$                   | <i>3.119,0kcal/h</i>          |
| Transmissão vidros externos                | $Q = A \times U \times \Delta T$              | $4,54 \times 5,18 \times (39,1 - 23) \times 3 =$ | <i>1.135,89kcal/h</i>         |
| Transmissão e insolação das paredes        | $Q = (A \times U \times \Delta T) + \Delta t$ | $14,73 \times 1,03 \times (39,1 - 23) + 5,5 =$   | <i>45,82kcal/h</i>            |
| Insolação e transmissão através do telhado | $Q = A \times U \times \Delta T$              | $63 \times 2,11 \times (39,1 - 23) =$            | <i>2.140,20 kcal/h</i>        |
| Devido à iluminação                        | $Q = n \times (1 \times r) \times P$          | $0,95 \times (1 + 0,075) \times 40 \times 24 =$  | <i>980,4kcal/h</i>            |
| Calor latente gerado pelos usuários        | $Q = n \times L$                              | $64 \times 40 =$                                 | <i>2.560kcal/h</i>            |
| Calor sensível gerado pelos usuários       | $Q = n \times S$                              | $64 \times 66 =$                                 | <i>4.224kcal/h</i>            |
| <b>TOTAL</b>                               |                                               |                                                  | <b><i>14.205.31</i></b>       |
| <b>TOTAL BTU /h</b>                        |                                               |                                                  | <b><i>56.333,57 BTU/h</i></b> |

\* 1 Kcal/h = 3,96567 BTU/h Fonte: Autor

No projeto atual do Bloco de Salas I, cada sala de aula possui dois aparelhos condicionadores de ar com capacidade de 36000BTU/h cada, fazendo com que a capacidade térmica total desses equipamentos seja de 72000BTU/h.

Portanto a partir das avaliações feitas no Bloco de Sala I, da UFERSA campus Caraúbas foi realizado de forma aproximada o cálculo dos componentes geradores e

transmissores de calor, sendo possível fazer uma comparação com o valor da carga térmica da sala de aula com a capacidade térmica dos aparelhos condicionadores de ar presentes em sala. Buscando uma sensação satisfatória de bem-estar é possível afirmar que sua capacidade vai além do que é necessário, desta forma ocorre uso maior de energia aumentando assim o valor pago. De maneira que são cobrados dois preços diferentes do quilowatt hora pela COSERN sendo aplicado de acordo com o horário de uso.

#### 4.2.9 Consumo Ativo

Modelo usado:

$$C_{\text{ATIVO}} = (P \times t \times n) \div 1000 \quad [\text{Equação 08}]$$

Onde, temos:

$C_{\text{ATIVO}}$  = consumo ativo;

P= potência;

t= tempo;

n = número de equipamentos.

Fazendo o cálculo para o período Ativo na Ponta, equivale a três horas, temos:

$$C_{\text{ATIVO}} = (3290 \times 3 \times 2) \div 1000 = 19,74 \text{ kwatts/dia}$$

E para o período Ativo Fora Ponta, temos:

$$C_{\text{ATIVO}} = (3290 \times 21 \times 2) \div 1000 = 138,2 \text{ kwatts/dia}$$

- ✓ Durante (240 dias x 19,74) + (240 dias x 138,2) = 37.905,60 KWatt./ano;
- ✓ Consumo Ativo na Ponta (kWh) = 19,74 X 1,58 X 240= R\$ 7.485,40;
- ✓ Consumo Ativo fora Ponta (kWh) = 138,2 X 0,32 X 240= R\$ 10.613,8;

Modelo adequado

$$C_{\text{ATIVO}} = (P \times t \times n) \div 1000 \quad [\text{Equação 09}]$$

Onde, temos:

$C_{\text{ATIVO}}$  = consumo ativo;

P= potência;

t= tempo;

n = número de equipamentos.

Fazendo o cálculo para o período Ativo na Ponta, equivale a três horas, temos:

$$C_{\text{ATIVO}} = (2900 \times 3 \times 2) \div 1000 = 17,4 \text{ kwatts/dia}$$

E para o período Ativo fora Ponta, temos:

$$C_{\text{ATIVO}} = (2900 \times 21 \times 2) \div 1000 = 121,8 \text{ kwatts/dia}$$

- ✓ Durante (240 dias x 17,4) + (240 dias x 121,8) = 33.408 KWatt/ano;
- ✓ Consumo Ativo na Ponta (kWh)= 17,4 X 1,58 X 240= R\$ 6.598,08;
- ✓ Consumo Ativo fora Ponta (kWh)= 121,8 X 0,32 X 240= R\$9.354,24.

Deste modo o modelo atual tem um consumo de energia em torno de 37.900,80 KW por ano, gerando um gasto de aproximadamente de R\$ 18.099,2 reais sendo assim com dois equipamentos de 30000BTU/h o consumo seria de 33.408 kW por ano, gerando assim um gasto de R\$ 15.952,32 reais considerando os denominados pela COSERN para cada sala. Fazendo uma comparação entre os dois modelos, a economia seria aproximadamente de R\$ 21.468,80 reais para o Bloco de Salas I, gerando assim 11,8% de economia para cada sala.

Sendo assim o mais adequado e econômico para cada sala seria o uso de dois ar condicionado com capacidade de 30000BTU/h, ficando assim cada sala com total de 60000BTU/h, estes valores seriam mais adequados para o calor gerado nas salas, fazendo assim uma economia final no uso da energia elétrica.

#### 4.3 BLOCO DE SALA I

São aparelhos onde sua unidade evaporadora é instalada na posição horizontal, em cima do teto por isso o termo “under ceiling”, com o fluxo de ar de insuflação direcionado de

forma paralela ao teto e com retorno do ar acontecendo pela parte de baixo do aparelho. Este tipo normalmente apresentam capacidades entre 18.000 Btu/h e 84.000 Btu/h.

**Figura 7- Minisplit do tipo piso-teto – catálogo CARRIER.**



Fonte: Alfredo, 1999.

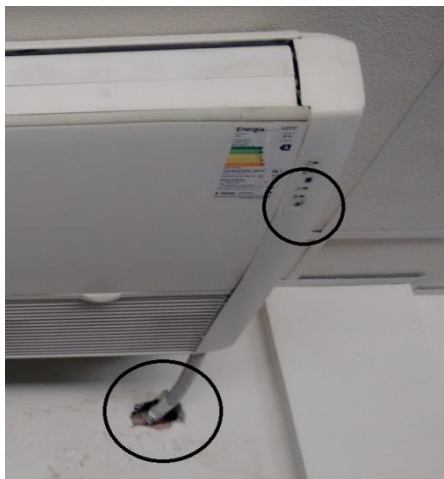
#### 4.4 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O modelo utilizado na refrigeração do Bloco de Sala I é do tipo ar condicionado suspenso no teto, modelo TV-C362KLA0, possui um consumo médio de 3290 Watts, usando normalmente corrente de 16 A, com voltagem de 220 V, com frequência 60Hz, com pressão em torno de 5.000 kPa e com capacidade 36000BTU/h.

#### 4.5 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO BLOCO DE SALAS I

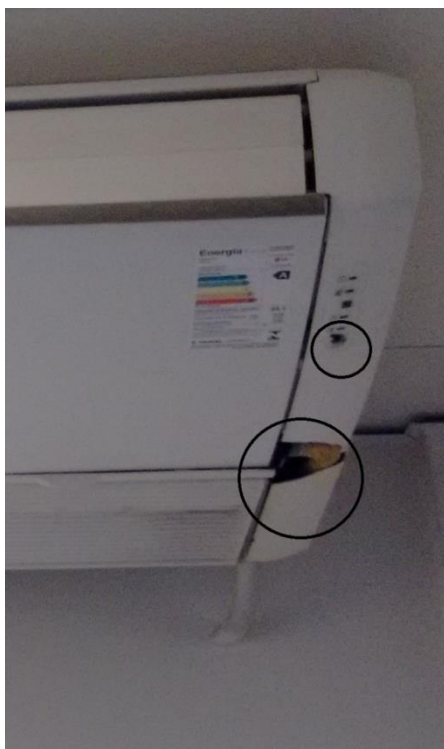
Foi realizada uma avaliação em cada sala, no dia 5 de outubro de 2016 analisando cada equipamento. As avaliações foram feitas nas estruturas físicas e nas condições de uso de cada equipamento, sendo observados os problemas e considerando as possíveis causas. Dessa forma foram feitos registros em fotos mostrando os problemas apresentados de cada condicionador de ar.

**Figura 8- Ar condicionado Sala 08.**



Fonte: Autor. 2016

**Figura 9- Ar condicionado Sala 06.**



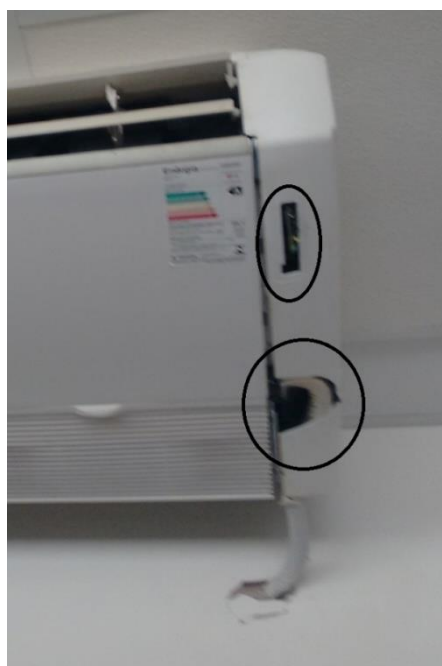
Fonte: Autor. 2016

**Figura 10** - Ar condicionado Sala 01.



Fonte: Autor. 2016

**Figura 11-** Ar condicionado Sala 07.



Fonte: Autor. 2016

Há uma média de utilização de quatro horas em cada turno a uma temperatura média de 23°C estabelecido de acordo com diretrizes da universidade. Na avaliação foi perceptível que sete dos ar condicionados apresentaram problemas no seu próprio display receptor. Alguns só podem ser ligados a partir de seus controles, além destes não possuem mais o botão de liga/desliga do aparelho. Esses danos foram causados possivelmente por um mau manuseio dos equipamentos e também por falta de uma boa orientação dos usuários para o uso correto.

Foi observado também que quatro aparelhos não estavam funcionando de maneira eficaz, apresentando deficiência no seu desempenho, podendo ser diversas as causas geradoras deste problema, como serpentinas obstruídas por sujeira, compressor sem compressão, motor do ventilador com pouca rotação entre outros. É possível reverter esses danos fazendo uma desobstrução tanto do condensador como do evaporador, realizando uma verificação no capacitor e se necessário realizando sua troca. Seis deles apresentaram em sua estrutura física problemas como, a presença de orifícios, que podem ser observados nas figuras 09 e 11. Em um dos aparelhos foram observados ruídos excessivos, onde em muitas ocasiões os equipamentos eram desligados nos momentos de aulas por incomodarem alunos e professores que estão presentes em sala. Dois dos aparelhos apresentam problemas de vazamento do líquido e quatro desses equipamentos estão quebrados. E os três restantes não apresentam problemas, possuem seu pleno funcionamento.

## 5. CONCLUSÕES

O município de Caraúbas apresenta temperaturas elevadas ao longo do ano e muitas vezes por uma falta de uma climatização adequada pode gerar desconforto térmico juntamente com um conjunto de outras variáveis, sendo elas climáticas, ambientais e pessoais resultando assim no incômodo de algumas pessoas em ambientes que não são devidamente confortável e adaptado, no entanto outras não.

Portanto a partir das avaliações feitas no Bloco de Sala I, da UFERSA campus Caraúbas foi realizado de maneira aproximada o cálculo dos componentes geradores e transmissores de calor, sendo possível fazer uma comparação com o valor da carga térmica da sala de aula com a capacidade térmica dos aparelhos condicionadores de ar presentes.

De acordo com essas informações apresentadas foi então calculada a carga térmica de maneira aproximada, visto que algumas das variáveis foram desconsideradas por falta de equipamento. Logo, a quantidade de calor para ser retirada do recinto, fazendo uso de dois condicionadores de ar tipo splits, com consumo de 24000 BTUs em média, gerando assim uma prática mais econômica resultando assim um saldo extra, podendo ser aplicado em outros setores da universidade.

Sendo importante também instalar uma manutenção preventiva no campus visando um melhor desempenho e prevenção de falhas dos equipamentos, buscando diminuir os gastos com o consumo de energia e melhorando assim conforto térmico dos discentes e docentes que frequentam o ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Liza et al. **Princípios de Sustentabilidade aplicados às diferentes escalas territoriais da sub-bacia do Ribeirão do Torto**, In: X Encontro Nacional da Anpur. Encruzilhadas de Planejamento, Repensando Teorias e Práticas, Belo Horizonte: Anais, 2003.

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em 06 agosto 2016.

**ANSI/ASHRAE Standard 55-2010: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401: Instalações de ar-condicionado, sistemas centrais e unitários**. Rio de Janeiro, 2008a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462 /1994: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1/2005: Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3/2005. Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de interesse social**, 2005, 30p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2/2005. Desempenho Térmico de Edificações – Parte 2: Métodos de Cálculo da Transmitância Térmica, da Capacidade Térmica, do Atraso Térmico e do Fator Solar de Elementos e Componentes de Edificações**, 2005, 21p.

**Carga Térmica em Climatização** Disponível em:

<[ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM182/CLIMATIZACAO/apostila/5\\_CARGA%20TERMICA%20EM%20CLIMATIZACAO.pdf](ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM182/CLIMATIZACAO/apostila/5_CARGA%20TERMICA%20EM%20CLIMATIZACAO.pdf)> Acesso em: 20 out. 2016.

CORBELLA, Oscar, YANNAS, Simos. **Em Busca de Uma Arquitetura Sustentável Para os Tópicos**, Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CREDER, H. **Instalações de ar condicionado**. Tradução. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2004.

DUARTE, D. H. S. **O clima como parâmetro de projeto para a região de Cuiabá. Dissertação de Mestrado em Arquitetura – EESC/USP**, 1995.

FARIAS, Patrícia Marins. **Condições do ambiente de trabalho do professor: avaliação em uma escola municipal de Salvador - Bahia**. Dissertação (Mestrado em Saúde, Ambiente e Trabalho) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. 223 f. Disponível em: <<http://www.sat.ufba.br/site/db/dissertacoes/872009120742.pdf>> Acesso em: 12 out. 2016.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 7º ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GRZYBOWSKI, G. **Conforto Térmico na Escola Pública em Cuiabá-MT: Estudo de Caso**. 2004. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente- Programa de Pós Graduação em Física e Meio Ambiente – UFMT, Cuiabá.).

ISO 7730/2005 – Ambientes Térmicos: Instrumentos e métodos para medição de parâmetros físicos.

LAMBERTS, Roberto et al - Desempenho Térmico de Edificações - **Apostila de Aula disciplina de Desempenho Térmico de Edificações Universidade Federal de Santa Catarina** – Florianópolis/SC – 2005.

MATOS, Rudmar Serafim. **TM-182 Refrigeração e Climatização**. Paraná, 2010. Disponível em: <<ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM182/CLIMATIZACAO/apostila/>

835\_CARGA%20 TERMICA%20EM%20CLIMATIZACAO.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

OLGAY, V.- **Arquitetura y Clima – Manual de Diseño Bioclimático para Arquitetura y Urbanistas**, Barcelona. 1963.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** *Revista Gestão Industrial*. Vol.4, n.2, 2008.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N.; **Manutenção: Função Estratégica:** Ed. Qualitymark: Rio de Janeiro, 1999.

PINTO, Hilton S.; ZULLU JR, Jurandir; ÁVILA, Ana M. H. **Escala psicrométrica Unicamp para indicações de níveis de umidade relativa do ar prejudiciais à saúde humana –** Cepagri/Unicamp, Set. 2008. Disponível em: < <http://www.cpa.unicamp.br/artigos-especiais/umidade-do-ar-saude-no-inverno.html>>. Acesso em: 09 out. 2016.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2002. 703 p.

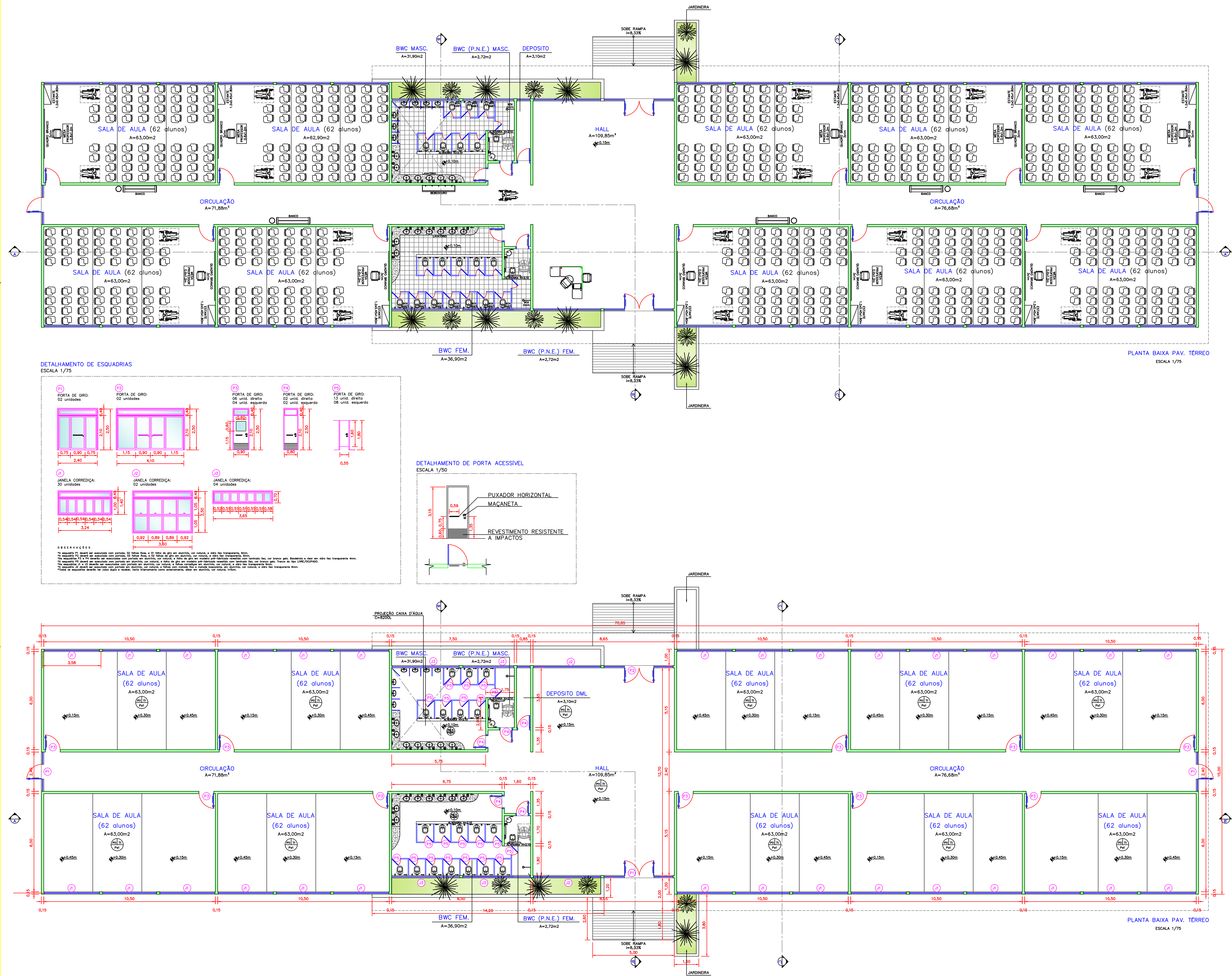
SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP):** Uma abordagem Analítica. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

STOECKER, W, F. JONES, W, J. **Refrigeração e ar condicionado.** Editora McGraw-Hill do Brasil. Edição de 1985.

RUAS, Álvaro César. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho.** Edição única. Campinas: Fundacentro, 1999.

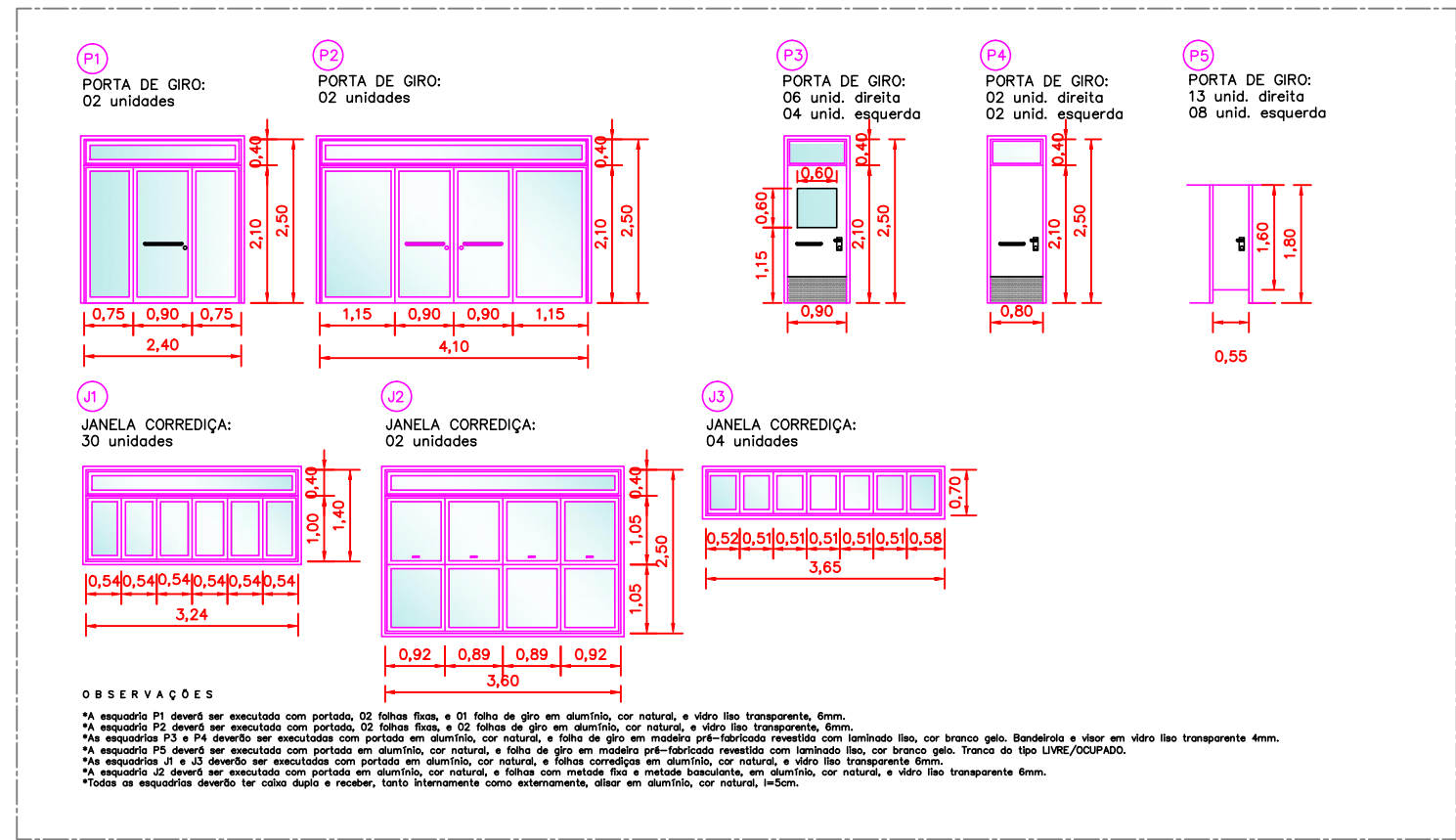
WYREBSK, J. **Manutenção Produtiva Total.** Um Modelo Adaptado. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/158161>>. Acesso em: 07 set. 2016.

**ANEXO 1 – ARQUITETÔNICO - BLOCO DE SALAS DE AULAS - R01**



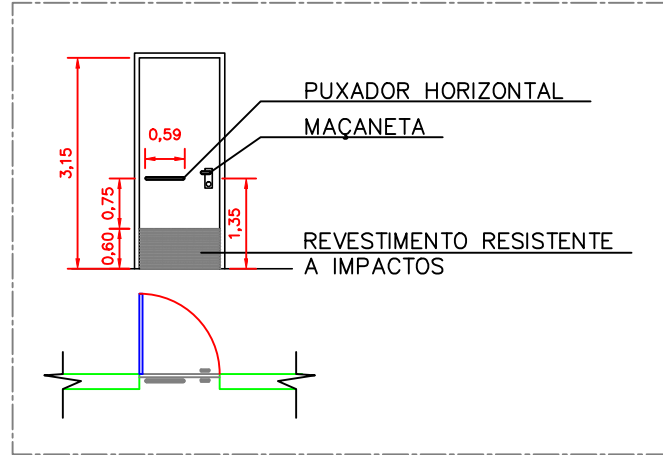
DETALHAMENTO DE ESQUADRIAS

ESCALA 1/75



DETALHAMENTO DE PORTA ACESSÍVEL

ESCALA 1/50



LEGENDA

- P11 = Piso em cerâmica PEI IV ou V, 40x40cm, tipo A, acab. liso.
- P12 = Piso em cerâmica PEI IV ou V, 40x40cm, tipo A, acab. anti-derapante.
- P01 = Parede com revestimento cerâmico, 10x10cm, tipo A, cor branco, a esquadra, até altura de 1,50m, acima de 1,50m, a parede será rebocada, emassada e pintada c/ tinta acrílica, cor branco gelo.
- P02 = Parede com revestimento cerâmico, 30x40cm, tipo A, até o forro, a esquadra.
- T1 = Laje rebocada c/ forro rebaxado em PVC, com reguas de largura de 10-20mm, cor branco neve.
- D01 = Divisória em granito core colonial, H=1,80m.

INFORMAÇÕES IMPORTANTES

QUADRO DE EMISSÕES

| EMISSÃO | DESCRIÇÃO | DESENHO | RESP. TÉCNICO | APROVAÇÃO |
|---------|-----------|---------|---------------|-----------|
| 01      | ORIGINAL  | JANELY  | KARISA        | ARMATEIA  |
|         |           |         |               |           |
|         |           |         |               |           |
|         |           |         |               |           |
|         |           |         |               |           |

QUADRO DE ASSINATURAS

|                      |  |
|----------------------|--|
| PROPRIETÁRIO:        |  |
| AUTOR DO PROJETO:    |  |
| RESPONSÁVEL TÉCNICO: |  |

C:\FORMATO\PROJETOS\PROJETOS\ufersa\ufersa.jpg

PROPRIETÁRIO:

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

SETOR RESPONSÁVEL:

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRA-ESTRUTURA

EMPRESA: FORMATO

RESPONSÁVEL TÉCNICO: KARISA PINHEIRO

PROJETO ARQUITETÔNICO DE BLOCO DE SALAS DE AULAS

ASSUNTO: LAY-OUT, PLANTA BAIXA, DETALHAMENTO DE ESQUADRIAS

DESENHO: JANELY ARAUJO

RESPONSÁVEL TÉCNICO: KARISA PINHEIRO

APROVAÇÃO: KARISA PINHEIRO

ANEXO IV-PROJ. ARQUIT.

ESCALA: 1:75

DATA: JULHO/08

DOCUMENTO REF: PROJ-ARQ-BSA-01-JUL/2008

01/04

ESTE DOCUMENTO É DE PROPRIEDADE DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA) E NÃO PODE SER REPRODUZIDO OU USADO PARA QUALQUER FIM SEM O DESEJO DA UFERSA.

**ANEXO 2 - NBR Instalações Centrais de Ar-Condicionado para Conforto-Parâmetros  
Básicos de Projeto**



**ABNT-Associação  
Brasileira de  
Normas Técnicas**

Sede:  
Rio de Janeiro  
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar  
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680  
Rio de Janeiro - RJ  
Tel.: PABX (021) 210-3122  
Telex: (021) 34333 ABNT - BR  
Endereço Telegráfico:  
NORMATÉCNICA

Copyright © 1980, ABNT—  
Associação Brasileira de  
Normas Técnicas Printed in  
Brazil/  
Impresso no Brasil  
Todos os direitos reservados

DEZ 1980

**NBR 6401**

# **Instalações centrais de ar- condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto**

## **Procedimento**

Origem: ABNT - NB-10/1978  
CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos CE-  
04:08.04 - Comissão de Estudo de Ar-Condicionado Comercial e Central  
NBR 6401 - Air-conditioning system - Central air units - Basic parameters  
for design - Procedure  
Descriptors: Air-conditioning. Central air

**Palavras-chave:** Ar-condicionado. Central. Parâmetro.  
Conforto

**17 páginas**

## **SUMÁRIO**

- 1 Objetivo
- 2 Condições a serem estabelecidas para os recintos
- 3 Elementos para base de cálculo
- 4 Cálculo das cargas térmicas
- 5 Zoneamento dos recintos
- 6 Escolha do tipo de instalação
- 7 Dutos
- 8 Tubulações hidráulicas
- 9 Especificações
- 10 Termo de garantia
- 11 Influências sobre o ambiente externo

### **1 Objetivo**

**1.1** Esta Norma estabelece as bases fundamentais para a elaboração de projetos de instalações de unidades com capacidade individual a partir de 9000 kcal/h.

**1.2** As condições estabelecidas nesta Norma são as mínimas exigidas para que se possam obter resultados satisfatórios em instalações desse gênero, não impedindo, porém, quaisquer outros aprimoramentos da técnica de condicionamento de ar.

**1.3** Nos casos especiais, em que a Norma não for integralmente obedecida, deve constar, no projeto elaborado, a justificativa relativa a todos os pontos que dela divergirem.

**1.4** Na elaboração desta Norma, foi adotado o critério de considerar o ar-condicionado de um modo geral; casos especiais, como hospitais, computadores e outros, serão objetos de normas específicas.

### **2 Condições a serem estabelecidas para os recintos**

**2.1** O condicionamento de ar, qualquer que seja a finalidade a que se destine, implica preliminarmente a limitação entre os seguintes valores preestabelecidos das grandezas discriminadas, representativos das condições que devem coexistir nos recintos, no período de tempo em que se considera a aplicação do processo:

- a) temperatura do ar no termômetro de bulbo seco;
- b) umidade relativa do ar;
- c) movimentação do ar;
- d) grau de pureza do ar;
- e) nível de ruído admissível;
- f) porcentagem ou volume de renovação de ar.

**2.2** Devem ser usados os critérios descritos em 2.2.1 a 2.2.5 para a fixação dos valores estabelecidos em 2.1.

**2.2.1** As temperaturas dos bulbos seco e úmido do ar deverão, na falta de informações específicas, ser escolhidas de acordo com as Tabelas 1 e 2.

**2.2.2** A diferença entre as temperaturas do termômetro de bulbo seco, simultâneas, entre dois pontos quaisquer de um recinto, ao nível de 1,5 m, não deve ser superior a 2°C, não devendo a medida de temperatura ser feita junto a janelas e portas sujeitas a radiação solar direta.

**2.2.3** A velocidade do ar, ao nível de 1,5 m, não deve ser inferior a 0,025m/s nem superior a 0,25 m/s. Estes valores são considerados médios quando medidos com instrumentos de alta sensibilidade.

**2.2.4** O ar insuflado deve ser totalmente filtrado e parcialmente renovado. A Tabela 3 mostra as aplicações típicas de filtros, conforme sua eficiência, servindo como recomendação para a sua seleção. Na Tabela 4, são apresentados valores recomendados para renovação de ar em aplicações normais em que não sejam utilizados processos especiais de purificação do ar.

**2.2.5** Os níveis de ruído permissíveis, decorrentes da instalação de condicionamento de ar, na falta de informações, estão indicados na Tabela 5 e Figura.

### 3 Elementos para base de cálculo

**3.1** Para base de cálculo das cargas térmicas, devem ser pesquisados os elementos de coexistência provável, durante o período de aplicação do processo estabelecido em 3.1.1 a 3.1.7.

**3.1.1** Condições do ar exterior, consideradas simultaneamente as temperaturas do termômetro de bulbo seco e do termômetro de bulbo úmido. Nas Tabelas 6 e 7 são fornecidas condições recomendadas para várias cidades, as quais devem ser utilizadas, na falta de indicações específicas.

**3.1.2** Natureza da construção das paredes, pisos e tetos; tipos de vidros empregados e temperaturas dos recintos contíguos.

**3.1.3** Orientação dos recintos e tipo de proteção existente em relação à radiação solar.

**3.1.4** Possibilidade de infiltração do ar exterior pelas portas e janelas. Na Tabela 8, são apresentados valores recomendados para base de cálculo de acordo com a utilização dos recintos.

**Tabela 1 - Condições internas para verão**

| Finalidade                                                  | Local                                                                                                                | Recomendável           |                        | Máxima       |            |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------|------------|
|                                                             |                                                                                                                      | (A) TBS (°C)           | (B) UR (%)             | (A) TBS (°C) | (B) UR (%) |
| Conforto                                                    | Residências<br>Hotéis<br>Escritórios<br>Escolas                                                                      | 23 a 25                | 40 a 60                | 26,5         | 65         |
| Lojas de curto tempo de ocupação                            | Bancos<br>Barbearias<br>Cabeleireiros<br>Lojas<br>Magazines<br>Supermercados                                         | 24 a 26                | 40 a 60                | 27           | 65         |
| Ambientes com grandes cargas de calor latente e/ou sensível | Teatros<br>Auditórios<br>Templos<br>Cinemas<br>Bares<br>Lanchonetes<br>Restaurantes<br>Bibliotecas<br>Estúdios de TV | 24 a 26                | 40 a 65                | 27           | 65         |
| Locais de reuniões com movimento                            | Boates<br>Salões de baile                                                                                            | 24 a 26                | 40 a 65                | 27           | 65         |
| Ambientes de Arte                                           | Depósitos de livros, manuscritos, obras raras                                                                        | 21 a 23 <sup>(C)</sup> | 40 a 50 <sup>(C)</sup> | -            | -          |
|                                                             | Museus e galerias de arte                                                                                            | 21 a 23 <sup>(C)</sup> | 50 a 55 <sup>(C)</sup> | -            | -          |
| Acesso                                                      | Halls de elevadores                                                                                                  | -                      | -                      | 28           | 70         |

(A) TBS = temperatura de bulbo seco (°C).

(B) UR = umidade relativa (%).

(C) \* = condições constantes para o ano inteiro.

**Tabela 2 - Condições internas para inverno**

| TBS( °C) | UR (%)   |
|----------|----------|
| 20 - 22  | 35 - 657 |

**Tabela 3 - Recomendações para aplicações de filtros de ar <sup>(1)</sup>**

| Classe de filtro <sup>(2)</sup> | Eficiência Obs,3,4,5 (%) | Características                                                                                                                                                                               | Aplicações principais                                                                                         |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| G O                             | 30 - 59                  | Boa eficiência contra insetos e relativa contra poeira grossa. Eficiência reduzida contra pólen de plantas e quase nula contra poeira atmosférica                                             | Condicionadores tipo janela                                                                                   |
| GI                              | 60 - 74                  | Boa eficiência contra poeira grossa e relativa contra pólen de plantas. Eficiência reduzida contra poeira atmosférica                                                                         | Condicionadores tipo compacto ( <i>self contained</i> )                                                       |
| G2                              | 75 - 84                  | Alta eficiência contra poeira grossa. Boa eficiência contra pólen de plantas e relativa contra a fração grossa (75 µ) da poeira atmosférica                                                   | Condicionadores de sistemas centrais                                                                          |
| G3                              | 85 e acima               | Boa eficiência contra a fração grossa (> 5µ) da poeira atmosférica                                                                                                                            | Condicionadores dos sistemas centrais pré-filtragem para filtros finos F2 e F3                                |
| F1                              | 40 - 69                  | Eficiência satisfatória contra a fração fina (1 - 5µ) da poeira atmosférica. Pouca eficiência contra fumaças de óleo e tabaco                                                                 | Condicionadores de sistemas centrais para exigências altas. Pré-filtragem para filtros finos F3               |
| F2                              | 70 - 89                  | Boa eficiência contra a fração fina (1 - 5µ) da poeira atmosférica. Alguma eficiência contra fumaças de óleo e tabaco                                                                         | Condicionadores de sistemas centrais para exigências altas. Pré-filtragem para filtros absolutos              |
| F3                              | 90 e acima               | Alta eficiência contra a fração fina (1 - 5µ) da poeira atmosférica. Eficiência satisfatória contra fumaças de óleo e tabaco. Razoavelmente eficiente contra bactérias e fungos microscópicos | Pré-filtro para filtros absolutos. Precisa pré-filtragem, por sua vez                                         |
| AI                              | 85 - 97,9                | Boa eficiência contra a fração ultrafina (< 1µ) da poeira atmosférica, fumaças de óleo e tabaco, bactérias e fungos microscópicos                                                             | Salas com controle de teor de poeira. Precisa pré-filtragem                                                   |
| A2                              | 98 - 99,96               | Alta eficiência contra a fração ultrafina (< 1µ) da poeira atmosférica, fumaças de óleo e tabaco, bactérias e fungos microscópicos                                                            | Salas com controle de teor de poeira, zonas assépticas de hospitais (exigências altas). Precisa pré-filtragem |

/continua

<sup>(1)</sup> As recomendações baseiam-se nas da ASHRAE e também nas seguintes:

- para filtros grossos e finos: na diretriz SWKI 68-3 da Associação Suíça de Engenheiros de Aquecimento e Condicionamento de Ar (SWKI).
- para filtros absolutos: no projeto de norma DIN 24184 de julho de 1972 da Associação dos Engenheiros Alemães (VDI).

<sup>(2)</sup> Fonte: ASHRAE Handbook of fundamentals - 1972.

/continuação

| Classe de filtro <sup>(2)</sup> | Eficiência<br>Obs,3,4,5<br>(%) | Características                                                                                                                                      | Aplicações principais                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A3                              | 99,97 e acima                  | Eficiência excelente contra a fração ultrafina (< 1 $\mu$ ) da poeira atmosférica, fumaças de óleo e tabaco, bactérias, fungos microscópicos e vírus | Salas limpas das classes 100, 10000 e 100000 (Nota e). Salas e cabinas estéreis para operações cirúrgicas e ortopédicas (exigências particularmente altas). Todas as instalações que requerem teste de estanqueidade ( <i>leak test</i> ). Precisa pré-filtragem |

Notas: a) Os filtros são divididos em três classes: grossos (prefi-xo G), finos (prefixo F) e absolutos (prefixo A).

b) Para filtros grossos (GO-G3): teste gravimétrico conforme AFII do American Filter Institute ou ASHRAE 52-68.

c) Para filtros finos (F1-F3): teste calorimétrico conforme AFI - Dust sport do American Filter Institute ou ASHRAE 52-68.

d) Para filtros absolutos (A1-A3): teste fotométrico "DOP TEST" ou conforme U.S. Military Standard-MS 282, ou da chama de sódio - British Standard-BS 3928.

e) Classificação das câmaras limpas conforme U.S. Federal; Standard 209 b de 24.04.1973.

**Tabela 4 - Ar exterior para renovação <sup>(2)</sup>**

| Local                      | M <sup>3</sup> /h | Pessoa | Concentração de fumantes |
|----------------------------|-------------------|--------|--------------------------|
|                            | recomendável      | mínimo |                          |
| Bancos                     | 17                | 13     | ocasional                |
| Barbearias                 | 25                | 17     | considerável             |
| Salões de beleza           | 17                | 13     | ocasional                |
| Bares                      | 68                | 42     | -                        |
| Cassinos-Grill-room        | 45                | 35     | -                        |
| Escritórios                |                   |        |                          |
| Públicos                   | 25                | 17     | alguns                   |
| Privados                   | 42                | 25     | nenhum                   |
| Privados                   | 51                | 42     | considerável             |
| Estúdios                   | 35                | 25     | nenhum                   |
| Lojas                      | 17                | 13     | ocasional                |
| Salas de hotéis            | 51                | 42     | grande                   |
| Residências                | 35                | 17     | alguns                   |
| Restaurantes               | 25                | 20     | considerável             |
| Salas de diretores         | 85                | 50     | muito grande             |
| Teatros-Cinemas-Auditórios | 13                | 8      | nenhum                   |
| Teatros-Cinemas-Auditórios | 25                | 17     | alguns                   |
| Salas de aula              | 50                | 40     | nenhum                   |
| Salas de reuniões          | 85                | 50     | muito grande             |
| Aplicações gerais          |                   |        |                          |
| Por pessoa (não fumando)   | 13                | 8      | -                        |
| Por pessoa (fumando)       | 68                | 42     | -                        |

<sup>(2)</sup> Fonte: ASHRAE Handbook of fundamentals - 1972.

Tabela 5 - Níveis de ruído permissíveis<sup>(3)</sup>

| Finalidade do local                                           | dBa <sup>(A)</sup> | NC <sup>(B)</sup> |
|---------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| <i>Residências</i>                                            |                    |                   |
| Casas particulares (zona rural e suburbana)                   | 25 - 30            | 20 - 30           |
| Casas particulares (zona urbana)                              | 30 - 40            | 25 - 35           |
| Apartamentos                                                  | 35 - 45            | 30 - 40           |
| <i>Hotéis</i>                                                 |                    |                   |
| Quartos individuais                                           | 35 - 45            | 30 - 40           |
| Salões de baile ou banquetes                                  | 35 - 45            | 30 - 40           |
| Corredores                                                    | 40 - 50            | 35 - 45           |
| Garagens                                                      | 45 - 55            | 40 - 50           |
| Cozinhas e lavanderias                                        | 45 - 55            | 40 - 50           |
| <i>Escritórios</i>                                            |                    |                   |
| Diretoria                                                     | 25 - 35            | 20 - 30           |
| Sala de reuniões                                              | 30 - 40            | 25 - 35           |
| Gerência                                                      | 35 - 45            | 30 - 40           |
| Sala de recepção                                              | 35 - 50            | 30 - 45           |
| Escritórios em geral                                          | 40 - 50            | 35 - 45           |
| Corredores                                                    | 40 - 55            | 35 - 50           |
| Sala de computadores                                          | 45 - 65            | 40 - 60           |
| <i>Auditórios e Salas de música</i>                           |                    |                   |
| Estúdios para gravação de som e salas para concertos musicais | 20 - 30            | 15 - 25           |
| Teatros                                                       | 30 - 35            | 25 - 30           |
| Cinemas, auditórios, anfiteatros                              | 35 - 45            | 30 - 40           |
| Salas de leitura                                              | 40 - 50            | 35 - 45           |
| <i>Igrejas e Escolas</i>                                      |                    |                   |
| Templos                                                       | 25 - 35            | 20 - 30           |
| Bibliotecas                                                   | 35 - 45            | 30 - 40           |
| Salas de aula                                                 | 35 - 45            | 30 - 40           |
| Laboratórios                                                  | 40 - 50            | 35 - 45           |
| Corredores e salas de recreação                               | 45 - 55            | 40 - 50           |
| Cozinhas                                                      | 45 - 55            | 40 - 50           |
| <i>Edifícios públicos</i>                                     |                    |                   |
| Bibliotecas, museus                                           | 35 - 45            | 30 - 40           |
| Correios, bancos                                              | 40 - 50            | 35 - 45           |
| Banheiros e toaletes                                          | 45 - 55            | 40 - 50           |
| Restaurantes                                                  |                    |                   |
| Restaurantes, boates                                          | 40 - 50            | 35 - 45           |
| Lanchonetes                                                   | 40 - 55            | 40 - 50           |
| <i>Lojas comerciais</i>                                       |                    |                   |
| Lojas de muito público                                        | 45 - 55            | 40 - 50           |
| Lojas de pouco público                                        | 40 - 50            | 35 - 45           |
| Supermercados                                                 | 45 - 55            | 40 - 50           |
| <i>Ginásios esportivos cobertos</i>                           |                    |                   |
| Ginásios                                                      | 40 - 50            | 35 - 45           |
| Piscinas                                                      | 45 - 60            | 40 - 55           |
| <i>Transportes</i>                                            |                    |                   |
| Local de venda de passagens                                   | 35 - 45            | 30 - 40           |
| Salas de espera                                               | 40 - 55            | 35 - 50           |
| <i>Áreas de produção</i>                                      |                    |                   |
| Exposto durante 8h/dia                                        | < 90               |                   |
| Exposto durante 3h/dia                                        | < 97               |                   |

<sup>(A)</sup> dBa - É o nível de ruído lido na escala "A" de um medidor de nível de som, que, por meio de um filtro eletrônico, despreza ruídos de baixa frequência que, devido à baixa sensibilidade nesta faixa, não são perceptíveis pelo ouvido humano.

<sup>(B)</sup> NC - É o valor obtido nas curvas de NC, quando traça-se o gráfico dos níveis medidos em bandas de oitava de frequência. - O nível de ruído deve ser medido em 5 pontos do ambiente a 1,2 m do piso.

<sup>(3)</sup> Fonte: ASHRAE Guide 1976 - Systems, Capítulo 35.

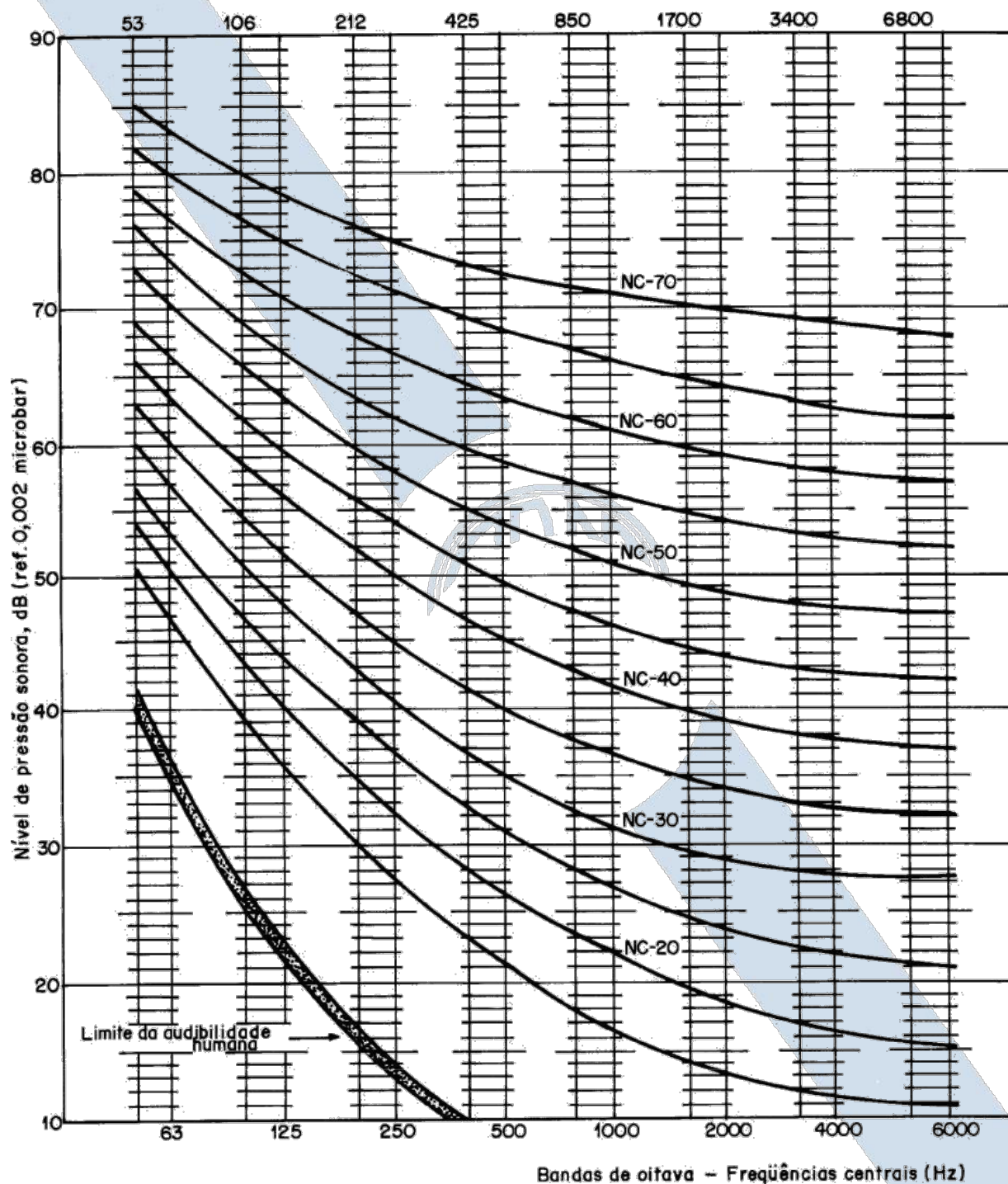


Figura - Curva de critério de ruído<sup>(4)</sup>

<sup>(4)</sup> Fonte: ASHRAE Handbook of fundamentals - 1972 - Capítulo 6.

Tabela 6 - Condições externas para verão (°C) <sup>(5)</sup>

| Cidades                       | TBS | TBU  | Temperatura máxima |
|-------------------------------|-----|------|--------------------|
| <i>I - Região Norte</i>       |     |      |                    |
| Macapá(AP)                    | 34  | 28,5 | 34,7               |
| Manaus(AM)                    | 35  | 29,0 | 36,9               |
| Santarém(PA)                  | 35  | 28,5 | 37,3               |
| Belém(PA)                     | 33  | 27,0 | 34,9               |
| <i>II-Região Nordeste</i>     |     |      |                    |
| João Pessoa(PB)               | 32  | 26,0 | -                  |
| São Luiz(MA)                  | 33  | 28,0 | 33,9               |
| Parnaíba(PI)                  | 34  | 28,0 | 35,2               |
| Teresina(PI)                  | 38  | 28,0 | 40,3               |
| Fortaleza(CE)                 | 32  | 26,0 | 32,4               |
| Natal(RN)                     | 32  | 27,0 | 32,7               |
| Recife(PE)                    | 32  | 26,0 | 32,6               |
| Petrolina(PE)                 | 36  | 25,5 | 38,4               |
| Maceió(AL)                    | 33  | 27,0 | 35,0               |
| Salvador(BA)                  | 32  | 26,0 | 33,6               |
| Aracaju(SE)                   | 32  | 26,0 | -                  |
| <i>III-Região Sudeste</i>     |     |      |                    |
| Vitória(ES)                   | 33  | 28,0 | 36,1               |
| Belo Horizonte(MG)            | 32  | 24,0 | 35,5               |
| Uberlândia(MG)                | 33  | 23,5 | 37,6               |
| Rio de Janeiro(RJ)            | 35  | 26,5 | 39,4               |
| São Paulo(SP)                 | 31  | 24,0 | 34,9               |
| Santos(SP)                    | 33  | 27,0 | 37,7               |
| Campinas(SP)                  | 33  | 24,0 | 37,4               |
| Pirassununga(SP)              | 33  | 24,0 | 37,8               |
| <i>IV-Região Centro-Oeste</i> |     |      |                    |
| Brasília(DF)                  | 32  | 23,5 | 34,8               |
| Goiânia(GO)                   | 33  | 26,0 | 37,3               |
| Cuiabá(MT)                    | 36  | 27,0 | 39,0               |
| Campo Grande(MT)              | 34  | 25,0 | 37,0               |
| Ponta-Porã(MT)                | 32  | 26,0 | 35,8               |
| <i>V-Região Sul</i>           |     |      |                    |
| Curitiba(PR)                  | 30  | 23,5 | 33,3               |
| Londrina(PR)                  | 31  | 23,5 | 34,0               |
| Foz do Iguaçu(PR)             | 34  | 27,0 | 38,0               |
| Florianópolis(SC)             | 32  | 26,0 | 36,0               |
| Joinville(SC)                 | 32  | 26,0 | 36,0               |
| Blumenau(SC)                  | 32  | 26,0 | 36,0               |
| Porto Alegre(RS)              | 34  | 26,0 | 39,0               |
| Santa Maria(RS)               | 35  | 25,5 | 40,0               |
| Rio Grande(RS)                | 30  | 24,5 | -                  |
| Pelotas(RS)                   | 32  | 25,5 | -                  |
| Caxias do Sul(RS)             | 29  | 22,0 | -                  |
| Uruguaiana(RS)                | 34  | 25,5 | -                  |

<sup>(5)</sup> Fonte: Tabelas climatológicas da Diretoria de Rotas Aéreas, do Ministério da Aeronáutica.

Tabela 7 - Condições externas para inverno <sup>(6)</sup>

| Cidades            | TBS (°C) | Umidade relativa(%) |
|--------------------|----------|---------------------|
| Aracaju(SE)        | 20       | 78                  |
| Belém(PA)          | 20       | 80                  |
| Belo Horizonte(MG) | 10       | 75                  |
| Blumenau(SC)       | 10       | 80                  |
| Boa Vista(RR)      | 21       | 80                  |
| Brasília(DF)       | 13       | 65                  |
| Caxias do Sul(RS)  | 0        | 90                  |
| Cuiabá(MT)         | 15       | 75                  |
| Curitiba(PR)       | 5        | 80                  |
| Florianópolis(SC)  | 10       | 80                  |
| Fortaleza(CE)      | 21       | 80                  |
| Goiânia(GO)        | 10       | 65                  |
| João Pessoa(PB)    | 20       | 77                  |
| Joinville(SC)      | 10       | 80                  |
| Macapá(AP)         | 21       | 80                  |
| Maceió(AL)         | 20       | 78                  |
| Manaus(AM)         | 22       | 80                  |
| Natal(RN)          | 19       | 80                  |
| Pelotas(RS)        | 5        | 80                  |
| Porto Alegre(RS)   | 8        | 80                  |
| Porto Velho(RO)    | 15       | 80                  |
| Recife(PE)         | 20       | 78                  |
| Rio Branco(AC)     | 15       | 80                  |
| Rio Grande(RS)     | 7        | 90                  |
| Rio de Janeiro(RJ) | 16       | 78                  |
| Salvador(BA)       | 20       | 80                  |
| Santa Maria (RS)   | 3        | 80                  |
| São Luiz(MA)       | 20       | 80                  |
| São Paulo(SP)      | 10       | 70                  |
| Teresina(PI)       | 20       | 75                  |
| Uruguaiana(RS)     | 7        | 80                  |
| Vitória(ES)        | 18       | 78                  |

<sup>(6)</sup> Fonte: Tabelas climatológicas da Diretoria de Rotas Aéreas, Ministério da Aeronáutica e Instituto Nacional de Metrologia.

Tabela 8 - Infiltração de ar

| A) Pelas frestas                     |                              |                                                      |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|
| Tipo de abertura                     | Observação                   | m <sup>3</sup> /h por metro de fresta <sup>(A)</sup> |
| Janelas                              |                              |                                                      |
| - comum                              |                              | 3,0                                                  |
| - basculante                         |                              | 3,0                                                  |
| - guilhotina com caixilho de madeira | Mal ajustada                 | 6,5                                                  |
|                                      | Bem ajustada                 | 2,0                                                  |
| - guilhotina com caixilho metálico   | Sem vedação                  | 4,5                                                  |
|                                      | Com vedação                  | 1,8                                                  |
| Portas                               | Mal ajustada                 | 13,0                                                 |
|                                      | Bem ajustada                 | 6,5                                                  |
| B) Pelas portas                      |                              |                                                      |
| Local                                | m <sup>3</sup> /h por pessoa |                                                      |
|                                      | Porta giratória<br>(1,80 m)  | Porta de vai-e-vem<br>(0,90 m)                       |
| Bancos                               | 11                           | 14                                                   |
| Barbearias                           | 7                            | 9                                                    |
| Drogarias e Farmácias                | 10                           | 12                                                   |
| Escritórios de corretagem            | 9                            | 9                                                    |
| Escritórios privados                 | -                            | 4                                                    |
| Escritórios em geral                 | -                            | 7                                                    |
| Lojas em geral                       | 12                           | 14                                                   |
| Restaurantes                         | 3                            | 4                                                    |
| Lanchonetes                          | 7                            | 9                                                    |
| C) Pelas portas abertas              |                              |                                                      |
| Porta até 90 cm                      | - 1 350m <sup>3</sup> /h     |                                                      |
| Porta de 90 cm até 180 cm            | - 2 000 m <sup>3</sup> /h    |                                                      |

(A) Largura da fresta considerada de 4,5 mm.

Notas: a) Os valores das infiltrações pelas frestas são baseados na velocidade de 15 km/h para o vento.

b) Os valores das infiltrações pelas portas são baseados em:

- infiltrações de 2,2 m<sup>3</sup>/h e 3,4 m<sup>3</sup>/h, por pessoa que transpõe, respectivamente, porta giratória e porta vai-e-vem;
- velocidade de vento nula; a infiltração, devida ao vento, pode ser desprezada no caso do resfriamento do ar, mas deve ser considerada no caso do aquecimento;
- porta ou portas vai-e-vem situadas em única parede externa.

c) Os valores das infiltrações pelas portas abertas são baseados em:

- ausência de ventos;
- somente uma porta aberta em uma parede externa.

d) No caso de resfriamento, deve-se considerar com o valor mínimo da infiltração 1,5 renovações por hora de ar nos ambientes condicionados; entretanto, para grandes volumes com pequena ocupação em ambientes praticamente estanques, este limite pode ser reduzido a 1,5 para 1.

**3.1.5** Número de pessoas presentes nos recintos. Na falta de indicações precisas, são fornecidos valores aproximados na Tabela 9.

**3.1.6** Carga total de energia elétrica, dissipada pela iluminação artificial dos recintos. Na falta de indicações precisas são recomendados os valores aproximados da Tabela 10.

**3.1.7** Existência de outras fontes de calor ou de frio, dentro dos recintos, ou possíveis influência de fontes externas. Na falta de indicações precisas, são recomendados os valores aproximados da Tabela 11.

#### 4 Cálculo das cargas térmicas

**4.1** As cargas térmicas devem ser calculadas individualmente para cada um dos recintos e consideradas as condições máximas existentes em períodos não obrigatoriamente simultâneos.

**4.2** Para o verão devem ser calculadas separadamente as cargas de calor sensível e de calor latente a serem compensadas pelo resfriamento e desumidificação do ar, as quais se compõem das parcelas estabelecidas em 4.2.1 a 4.2.10.

**4.2.1** Calor sensível decorrente da transmissão pelas paredes, pisos, tetos, vidros, etc.

**4.2.2** Calor sensível decorrente da radiação solar sobre os vidros e paredes externas bem como coberturas.

**4.2.3** Calor sensível e calor latente decorrentes das pessoas (ver Tabela 12).

**4.2.4** Calor sensível e calor latente decorrentes da infiltração do ar existente pelas portas e janelas.

**4.2.5** Calor sensível e calor latente introduzidos no sistema, pelo ar exterior admitido no condicionador de ar para fins de renovação. Quando a admissão de ar exterior suplantam os efeitos da infiltração, esta deve ser desprezada.

**4.2.6** Calor sensível correspondente à carga de energia elétrica dissipada na iluminação dos recintos. Em caso de iluminação fluorescente, deve ser computado também o calor produzido pelos reatores.

**4.2.7** Calor sensível e calor latente fornecidos por outras fontes de calor, eventualmente existentes no recinto.

**4.2.8** Calor sensível introduzido no sistema pelo próprio equipamento da instalação de condicionamento de ar, exceto quando o fabricante de condicionadores do tipo compacto auto-suficientes computar esse calor.

**Tabela 9 - Valores para ocupação dos recintos**

| Local                      | m <sup>2</sup> /pessoa |
|----------------------------|------------------------|
| Dormitórios                | 10                     |
| Salas residenciais         | 8                      |
| Salões de hotel            | 6                      |
| Escritórios privados       | 8                      |
| Escritórios em geral       | 6                      |
| Bancos - recintos privados | 7                      |
| Bancos - recintos públicos | 4                      |
| Lojas de pouco público     | 5                      |
| Lojas de muito público     | 3                      |
| Restaurantes               | 2                      |
| Boates                     | 1                      |
| Auditórios - Conferências  | 1,5                    |
| Teatros - Cinemas          | 0,75                   |

Tabela 10 - Energia dissipada pelas luminárias

| Local                         | Tipos de iluminação | Nível de iluminação LUX | Potência dissipada W/m <sup>2</sup> |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Escritórios                   | Fluorescente        | 1000                    | 40                                  |
| Lojas                         | Fluorescente        | 1000                    | 50                                  |
| Residências                   | Incandescente       | 300                     | 30                                  |
| Supermercados                 | Fluorescente        | 1000                    | 35                                  |
| Barbearias e salões de beleza | Fluorescente        | 500                     | 20                                  |
| Cinemas e teatros             | Incandescente       | 60                      | 15                                  |
| Museus e bibliotecas          | Fluorescente        | 500                     | 45                                  |
|                               | Incandescente       | 500                     | 70                                  |
| Restaurantes                  | Fluorescente        | 150                     | 15                                  |
|                               | Incandescente       | 150                     | 25                                  |
| Bancos                        | Fluorescente        | 1000                    | 35                                  |
| Auditórios:                   |                     |                         |                                     |
| a) Tribuna                    | Incandescente       | 1000                    | 50                                  |
| b) Platéia                    | Incandescente       | 500                     | 30                                  |
| c) Sala de espera             | Incandescente       | 150                     | 20                                  |
| Hotéis:                       |                     |                         |                                     |
| a) Banheiros                  | Incandescente       | 150                     | 25                                  |
| b) Corredores                 | Incandescente       | 100                     | 15                                  |
| c) Sala de leitura            | Fluorescente        | 500                     | 45                                  |
|                               | Incandescente       | 500                     | 70                                  |
| d) Quartos                    | Incandescente       | 500                     | 35                                  |
| e) Salas de reuniões          |                     |                         |                                     |
| - Platéia                     | Incandescente       | 150                     | 20                                  |
| - Tablado                     | Incandescente       | 500                     | 30                                  |
| f) Portaria e recepção        | Incandescente       | 250                     | 35                                  |

Nota: Os valores de dissipação das lâmpadas fluorescentes já incluem os reatores.

Tabela 11 - Calor liberado por fontes diversas

| Equipamentos diversos                                                      |        |                                  | kcal/h   |         |       |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------|----------|---------|-------|
|                                                                            |        |                                  | Sensível | Latente | Total |
| <i>Equipamento elétrico</i>                                                |        |                                  |          |         |       |
| Aparelhos elétricos - por kW                                               |        |                                  | 860      | 0       | 860   |
| Forno elétrico - Serviço de cozinha por kW                                 |        |                                  | 690      | 170     | 860   |
| Torradeiras e aparelhos de grelhar por kW                                  |        |                                  | 770      | 90      | 860   |
| Mesa quente - por kW                                                       |        |                                  | 690      | 170     | 860   |
| Cafeteiras - por litro                                                     |        |                                  | 100      | 50      | 150   |
| <i>Equipamento a gás</i>                                                   |        |                                  |          |         |       |
| GLP 50% butano + 50% propano por m <sup>3</sup> /h                         |        |                                  | 5540     | 700     | 6240  |
| GLP (50/50%) por kg                                                        |        |                                  | 9800     | 1200    | 11000 |
| Bico de Bunsen - tamanho grande                                            |        |                                  | 835      | 215     | 1050  |
| Fogão a gás - Serviço de restaurante por m <sup>2</sup> superfície da mesa |        |                                  | 10500    | 10500   | 21000 |
| <i>Banho-maria</i>                                                         |        |                                  |          |         |       |
| Por m <sup>2</sup> de superfície superior                                  |        |                                  | 2130     | 1120    | 3250  |
| Cafeteira - por litro                                                      |        |                                  | 150      | 50      | 200   |
| <i>Equipamentos a vapor</i>                                                |        |                                  |          |         |       |
| Banho-maria por m <sup>2</sup> de boca                                     |        |                                  | 1125     | 2625    | 3750  |
| <i>Alimentos</i>                                                           |        |                                  |          |         |       |
| Por pessoa (restaurante)                                                   |        |                                  | 7        | 7       | 14    |
| <i>Motores elétricos</i>                                                   |        |                                  |          |         |       |
| <i>Potência (Placa)</i>                                                    |        | <i>Eficiência aproximada (%)</i> |          |         |       |
| Até ¼ CV                                                                   | Por CV | 60                               | 1050     | 0       | 1050  |
| ½ a 1 CV                                                                   | Por CV | 70                               | 900      | 0       | 900   |
| 1 ½ a 5 CV                                                                 | Por CV | 80                               | 800      | 0       | 800   |
| 7 ½ a 20 CV                                                                | Por CV | 85                               | 750      | 0       | 750   |
| acima de 20 CV                                                             | Por CV | 88                               | 725      | 0       | 725   |

**4.2.9** Calor sensível decorrente da transmissão das paredes dos dutos e tubulações.

**4.2.10** Margem de segurança, a critério do projetista.

**4.3** Para inverso, devem ser calculadas as cargas de calor sensível e de umidificação a serem compensadas pelo aquecimento e umidificação do ar; estas cargas são constituídas pelas parcelas estabelecidas em 4.3.1 a 4.3.5.

**4.3.1** Calor sensível decorrente de transmissão pelas paredes, pisos, tetos, vidros, etc.

**4.3.2** Calor sensível e umidificação decorrentes da infiltração do ar exterior pelas portas e janelas.

**4.3.3** Calor sensível e umidificação provenientes da admissão de ar exterior no condicionador para fins de renovação. Quando a admissão de ar exterior suplantam os efeitos da infiltração, esta deve ser desprezada.

**Tabela 12 - Calor liberado por pessoas (kcal/h)**

| Local                                       | Metabolismo homem adulto | Metabolismo médio <sup>(A)</sup> | TBS |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                             |                          |                                  | 28  |     | 27  |     | 26  |     | 24  |     | 21  |     |
|                                             |                          |                                  | S   | L   | S   | L   | S   | L   | S   | L   | S   | L   |
| Teatro, escola primária                     | 98                       | 88                               | 44  | 44  | 49  | 39  | 53  | 35  | 58  | 30  | 65  | 23  |
| Escola secundária                           | 113                      | 100                              | 45  | 55  | 48  | 52  | 54  | 46  | 60  | 40  | 68  | 32  |
| Escr., hotéis, apartamentos, Univ.          | 120                      | 113                              | 45  | 68  | 50  | 63  | 54  | 59  | 61  | 52  | 71  | 42  |
| Supermercados varejistas, lojas             | 139                      | 126                              | 45  | 81  | 50  | 76  | 55  | 71  | 64  | 62  | 73  | 53  |
| Farmácias, drogarias                        | 139                      |                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Bancos                                      | 139                      | 139                              | 48  | 91  | 55  | 84  | 61  | 78  | 71  | 68  | 81  | 58  |
| Restaurante <sup>(B)</sup>                  | 126                      | 139                              | 48  | 91  | 55  | 84  | 61  | 78  | 71  | 68  | 81  | 58  |
| Fábrica, trabalho leve                      | 202                      | 189                              | 48  | 141 | 55  | 134 | 62  | 127 | 74  | 115 | 92  | 97  |
| Salão de baile                              | 227                      | 214                              | 55  | 159 | 62  | 152 | 69  | 145 | 82  | 132 | 101 | 113 |
| Fábrica, trabalho moderadamente pesado      | 252                      | 252                              | 68  | 184 | 76  | 176 | 83  | 169 | 96  | 156 | 116 | 136 |
| Boliches, fábricas, ginásios <sup>(C)</sup> | 378                      | 365                              | 113 | 252 | 117 | 248 | 122 | 243 | 132 | 233 | 152 | 213 |

S = sensível

L = latente

<sup>(A)</sup> O "Metabolismo médio" corresponde a um grupo composto de adultos e crianças de ambos os sexos, nas proporções normais.

Estes valores foram obtidos à base das seguintes hipóteses:

- Metabolismo mulher adulta = metabolismo homem adulto x 0,85;

- Metabolismo criança = metabolismo homem adulto x 0,75.

<sup>(B)</sup> Estes valores compreendem 14 kcal/h (50% calor sensível e 50% calor latente) por ocupante, para levar em conta o calor despreendido pelos pratos.

<sup>(C)</sup> Boliche: admitindo uma pessoa jogando por pista e outros sentados (100 kcal/h) ou de pé (139 kcal/h).

**4.3.4** Quanto às demais fontes de calor sensível ou latente que integram as cargas térmicas a serem compensadas no verão, uma vez comprovada a permanência destas no período de inverno, podem ser deduzidas das cargas térmicas calculadas.

**4.3.5** Margem de segurança, a critério do projetista.

## 5 Zoneamento dos recintos

**5.1** Conhecidas as cargas térmicas individuais, os recintos devem ser zoneados termicamente, de forma que cada zona térmica seja constituída de recintos que apresentem as suas variações evoluindo de maneira semelhante.

**5.2** No zoneamento, devem ainda ser considerados os períodos de utilização dos recintos e, sobretudo, a possibilidade de poluição do ar nestes. Recintos que apenas eventualmente sejam utilizados ou nos quais haja produção de tóxicos, odores, poeiras, fumaça, etc., devem sempre constituir zona em separado.

**5.3** Estabelecido o zoneamento, devem ser previstos sistemas de controle e condicionamento de ar que permitam um controle individual por zona.

## 6 Escolha do tipo de instalação

**6.1** As instalações de condicionamento de ar são, basicamente, classificadas em dois grupos conforme 6.1.1 e 6.1.2.

**6.1.1** As de evaporação direta, onde o refrigerante entre em ebulição no próprio trocador de calor, o qual se encontra diretamente em contato com o ar a ser tratado.

**6.1.2** As de evaporação indireta, onde existe um elemento intermediário, como a água ou salmoura, abastecido por uma central produtora de frio, alimentando os vários condicionadores de ar.

**6.1.3** Em ambos os grupos, o aquecimento poderá também ser direto ou indireto, quer por resistências elétricas, quer por trocadores de calor de água quente ou vapor ou utilizando o ciclo reverso de refrigeração.

**6.2** As instalações de refrigeração se distinguem, entre outros critérios, pelo caráter do condensador quer pode ser resfriado a ar, à água ou do tipo evaporativo. São feitas as recomendações de 6.2.1 a 6.2.3 para cada caso.

**6.2.1** Para cada aplicação de condensadores a ar, a temperatura admitida para o ar deve ser sempre superior à do termômetro seco do ar exterior estabelecida para base de cálculo das cargas térmicas. Recomenda-se ainda, tomar para cada região, uma temperatura do termômetro seco, entre a temperatura do projeto e a máxima da Tabela 6.

**6.2.2** Para aplicação de condensadores à água, quando for usada água de abastecimento da cidade, água de poços ou água de mar, a temperatura admitida para a água deve ser igual à máxima verificada em qualquer época do ano. Quando a água de condensação for reaproveitada pelo emprego de uma torre ou qualquer outro processo de arrefecimento, a base de cálculo para a seleção deve ser a temperatura de bulbo úmido adotado no cálculo das cargas térmicas.

**6.2.3** Para aplicação de condensadores evaporativos, a temperatura para o ar exterior obedece aos critérios de 6.2.1 e 6.2.2.

## 7 Dutos

**7.1** A distribuição de ar, através de dutos, pode ser feita empregando baixa, média ou alta pressão e velocidade. A classificação de dutos é a seguinte:

- a) baixa pressão: pressões estáticas até 500 Pa e velocidade até 10 m/s;
- b) média pressão: pressões estáticas até 1500 Pa e velocidade acima de 10 m/s;
- c) alta pressão: pressões estáticas acima de 1500 Pa a 2500 Pa e velocidades acima de 10 m/s.

**7.2** Para o dimensionamento dos dutos de baixa pressão, devem ser utilizados os valores recomendados na Tabela 13. No caso de ser necessário prever-se a instalação para funcionar alternadamente, para fins exclusivos de ventilação, sem recirculação de ar, os dutos de tomada de ar exterior devem ser dimensionados para o volume total do ar insuflado e previstos dispositivos para exaustão do ar através do retorno ou por outro meio tecnicamente satisfatório.

**7.3** Na construção dos dutos de chapas de aço galvanizado e de alumínio devem ser respeitadas as bitolas recomendadas na Tabela 14.

**7.4** O isolamento térmico dos dutos com barreira de vapor deverá ser utilizado sempre que ocorrer o risco de condensação na sua superfície externa.

**7.5** A instalação de ar condicionado deve se enquadrar no código local de proteção contra incêndios.

## 8 Tubulações hidráulicas

**8.1** As tubulações de água, utilizadas em condicionamento de ar, são essencialmente para três finalidades: água gelada, água quente e água de condensação. Para as duas primeiras, é necessário o isolamento térmico.

**8.2** Em cada aparelho utilizador de água, deve haver válvulas para a regulação e/ou balanceamento e desligamento do aparelho da rede; dispositivo para expurgo de ar e dispositivo para dreno de água condensada, quando necessário.

**8.3** Para dimensionamento das tubulações de água, qualquer que seja sua finalidade, devem ser respeitados os diâmetros mínimos recomendados na Tabela 15.

## 9 Especificações

**9.1** Os projetos devem incluir especificações gerais do equipamento a ser fornecido, indicando as suas condições de funcionamento e capacidade, que devem ser, no mínimo, iguais aos valores das cargas térmicas, cujos cálculos e tolerâncias de temperatura previstos devem ser apresentados. Nas instalações onde existe uma central frigorífica alimentando vários sistemas de condicionamento de ar, admite-se que a capacidade dessa central seja calculada em função da carga máxima simultânea requerida por todos os sistemas.

**9.2** Devem ser especificados também os tipos de controle previstos, não somente para as condições a serem mantidas em cada sistema de condicionamento de ar, como também para a central frigorífica, no caso das instalações indiretas. Devem, ainda, ser especificados os dispositivos de segurança exigidos para garantia do perfeito e seguro funcionamento da instalação.

**9.3** Devem ainda ser especificados, nos projetos, os serviços complementares à carga da firma instaladora do condicionamento de ar e, sobretudo, relacionados os serviços que, apesar de necessários à instalação, ficarão a cargo do comprador.

## 10 Termo de garantia

**10.10** projeto exigirá do fornecedor da instalação de condicionamento de ar um termo de garantia, que defina precisamente os resultados a serem obtidos com a instalação.

**10.2** Nas instalações projetadas para funcionamento apenas no verão, essas garantias ficam restritas às condições de 10.2.1 a 10.2.2.

**10.2.1** Limitar, nos recintos condicionados, a temperatura máxima do termômetro seco que for especificada, desde que não sejam ultrapassadas as condições admitidas para o ar exterior e demais elementos considerados como base de cálculo das cargas térmicas.

**10.2.2** Limitar, nos recintos condicionados, a umidade relativa que for especificada, quando coexistirem as condições admitidas para o ar exterior e demais elementos considerados como base de cálculo das cargas térmicas.

**Tabela 13 - Velocidades recomendadas e máximas para dutos de ar e equipamentos de sistemas de baixa pressão <sup>(7)</sup>**

| Designação                            |                   | Recomendadas (m/s) |                                       |                     | Máximas (m/s) |                                       |                     |
|---------------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------|---------------------------------------|---------------------|
|                                       |                   | Residências        | Escolas, teatros e edifícios públicos | Prédios industriais | Residências   | Escolas, teatros e edifícios públicos | Prédios industriais |
| Tomadas de ar exterior <sup>(A)</sup> |                   | 2,50               | 2,50                                  | 2,50                | 4,00          | 4,50                                  | 6,00                |
| Serpentinas(1)                        | Resfriamento      | 2,25               | 2,50                                  | 3,00                | 2,25          | 2,50                                  | 3,60                |
|                                       | Aquecimento       | 2,25               | 2,50                                  | 3,00                | 2,50          | 3,00                                  | 7,50                |
| Lavadores de ar                       | - Borrifador      | 2,50               | 2,50                                  | 2,50                | 3,50          | 3,50                                  | 3,50                |
|                                       | - alta velocidade | -                  | -                                     | 9,00                | -             | -                                     | 9,00                |
| Descarga do ventilador                | mín.              | 5,00               | 6,50                                  | 8,00                | -             | -                                     | -                   |
|                                       | máx.              | 8,00               | 10,00                                 | 12,00               | 8,50          | 11,00                                 | 14,00               |
| Dutos principais                      | mín.              | 3,50               | 5,00                                  | 6,00                | -             | -                                     | -                   |
|                                       | máx.              | 4,50               | 6,50                                  | 9,00                | 6,00          | 8,00                                  | 10,00               |
| Ramais horizontais                    | mín.              | -                  | 3,00                                  | 4,00                | -             | -                                     | -                   |
|                                       | máx.              | 3,00               | 4,50                                  | 5,00                | 5,00          | 6,50                                  | 9,00                |
| Ramais verticais                      | mín.              | -                  | 3,00                                  | -                   | -             | -                                     | -                   |
|                                       | máx.              | 2,50               | 3,50                                  | 4,00                | 4,00          | 6,00                                  | 8,00                |

(A) Tomando como base a área de face e não a área livre.

Nota: Para sistemas de alta velocidade, consultar o ASHRAE Handbook of fundamentals.

<sup>(7)</sup>ASHRAE Handbook of fundamentals 1972, Capítulo 25.  
ASHRAE systems 1975.

**Tabela 14 - Bitolas de chapas para a fabricação de dutos rígidos e sistemas de baixa pressão (pressão estática até 500 Pa e velocidade até 100 m/s)**

| Espessuras |      |                 |      | Circular           |                                                | Retangular -<br>Lado maior<br>(mm) |
|------------|------|-----------------|------|--------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|
| Alumínio   |      | Aço galvanizado |      | Helicoidal<br>(mm) | Calandrado com<br>costura longitudinal<br>(mm) |                                    |
| Bitola     | mm   | Bitola          | mm   |                    |                                                |                                    |
| 24         | 0,64 | 26              | 0,50 | até 225            | até 450                                        | até 300                            |
| 22         | 0,79 | 24              | 0,64 | 250 a 600          | 460 a 750                                      | 310 a 750                          |
| 20         | 0,95 | 22              | 0,79 | 650 a 900          | 760 a 1150                                     | 760 a 1400                         |
| 18         | 1,27 | 20              | 0,95 | 950 a 1250         | 1160 a 1500                                    | 1410 a 2100                        |
| 16         | 1,59 | 18              | 1,27 | 1300 a 1500        | 1510 a 2300                                    | 2110 a 3000                        |

Notas: a) Para detalhes de construção de dutos de baixa pressão, recomenda-se consultar o ASHRAE Guide and data Book Equipment e o ASHRAE Handbook of fundamentals, últimas edições.

b) Para detalhes técnicos sobre dutos de média e alta pressão, recomenda-se consultar o ASHRAE Guide Equipment, o ASHRAE Handbook of fundamentals e os manuais da SMACNA (Sheet metal and air conditioning Contractor Association, Inc).

**Tabela 15 - Parâmetros máximos para seleção da tubulação de água <sup>(8)</sup>**

| Diâmetro do tubo |        | Sistema fechado              |                     |                             | Sistema aberto               |                     |                             |
|------------------|--------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| (mm)             | (-)    | Vazão<br>(m <sup>3</sup> /h) | Velocidade<br>(m/s) | Perda <sup>(A)</sup><br>(%) | Vazão<br>(m <sup>3</sup> /h) | Velocidade<br>(m/s) | Perda <sup>(A)</sup><br>(%) |
| 19               | 3/4"   | 1,5                          | 1,2                 | 10                          | 1,0                          | 0,8                 | 10                          |
| 25               | 1"     | 3                            | 1,5                 | 10                          | 2,2                          | 1,1                 | 10                          |
| 32               | 1.1/4" | 6                            | 1,7                 | 10                          | 4                            | 1,2                 | 10                          |
| 38               | 1.1/2" | 9                            | 1,9                 | 10                          | 6                            | 1,3                 | 10                          |
| 50               | 2"     | 17                           | 2,2                 | 10                          | 12                           | 1,6                 | 10                          |
| 65               | 2.1/2" | 28                           | 2,5                 | 10                          | 23                           | 2,1                 | 10                          |
| 75               | 3"     | 48                           | 2,8                 | 10                          | 36                           | 2,1                 | 10                          |
| 100              | 4"     | 90                           | 3,1                 | 9                           | 75                           | 2,5                 | 10                          |
| 125              | 5"     | 143                          | 3,1                 | 7                           | 136                          | 2,9                 | 10                          |
| 150              | 6"     | 215                          | 3,2                 | 5,5                         | 204                          | 3,1                 | 9                           |

<sup>(A)</sup> Perda em % do comprimento equivalente.

- Para diâmetro acima de 150 mm, a velocidade da água limita-se em 3,3 m/s.

<sup>(8)</sup> As vazões indicadas referem-se a tubos classe DIN 2440. Para tubos de parede mais espessa, prevalecem os valores limites de velocidades da Tabela.

**10.3** Nas instalações projetadas para funcionamento no verão e no inverno, devem ser acrescidas as seguintes garantias prescritas em 10.3.1e 10.3.2.

**10.3.1** Limitar, nos recintos condicionados, a temperatura mínima do termômetro seco que for especificada para o inverno, desde que a temperatura do ar exterior não seja inferior à admitida no cálculo das cargas térmicas.

**10.3.2** Limitar, nos recintos condicionados, a umidade relativa mínima que for especificada, desde que a temperatura e a umidade relativa do ar exterior sejam as admitidas no cálculo das cargas térmicas.

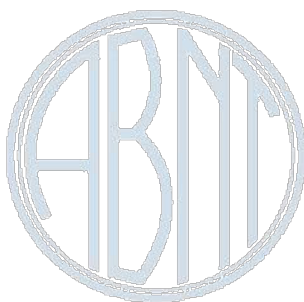
**10.4** O termo de garantia deve também indicar o prazo de garantia para cada parte do equipamento que eventualmente seja diferente, bem como especificar os acessórios excluídos.

## **11 Influências sobre o ambiente externo**

O projetista e o instalador devem tomar as precauções necessárias a fim de que a instalação de ar-condicionado não ocasione influências prejudiciais à vizinhança no que se refere a ruído, temperatura, umidade e velocidade do ar.

**11.1** O projeto e as especificações técnicas dos materiais e equipamentos devem conter as exigências mínimas a serem cumpridas pelo instalador. Por ocasião da conclusão de instalação, as condições especificadas deverão ser obtidas caso as condições externas de projeto não sejam ultrapassadas.

**11.2** Os parâmetros básicos, quando da conclusão dos serviços, o instalador deverá proceder aos testes de desempenho especificados pelo projetista.



**ANEXO 3 – Tabelas Adicionais do Livro Instalações Ar Condicionado.**

Tabela 3.1 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. Acabamentos:                          |                                   |                 |                              |                              |
| – 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. Alvenaria:                            |                                   |                 |                              |                              |
| – 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. Isolamentos:                          |                                   |                 |                              |                              |
| – fibras de lã 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            |                              |                              |
| – isofolex (Santa Marina)                |                                   | 0,039           |                              |                              |
| 4. Argamassas:                           |                                   |                 |                              |                              |
| – 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. Cobertura:                            |                                   |                 |                              |                              |
| – placa de agregado de asfalto           | 6,50                              | 0,80            |                              |                              |
| – teto com 10 cm                         | 3,00                              | 0,37            |                              |                              |
| 6. Madeiras:                             |                                   |                 |                              |                              |
| – de lei (cedro, canela etc.)            | 1,10                              | 0,13            |                              |                              |
| – pinho                                  | 0,80                              | 0,09            |                              |                              |

Tabela 3.3 Coeficientes Globais de Transmissão de Calor U em kcal/h · m<sup>2</sup> · °C para Janelas e Paredes

| Elementos                                            | U em kcal/h · m <sup>2</sup> · °C |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| a) Janelas                                           |                                   |
| – Janelas de vidros comuns (simples)                 | 5,18                              |
| – Janelas de vidros duplos                           | 3,13                              |
| – Janelas de vidros triplos                          | 1,66                              |
| b) Paredes externas                                  |                                   |
| – Tijolos maciços (20 × 10 × 6 cm):                  |                                   |
| meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos      | 2,88                              |
| uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos       | 1,95                              |
| – Tijolos furados (20 × 20 × 10 ou 30 × 30 × 10 cm): |                                   |
| meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos      | 2,59                              |
| uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos       | 1,90                              |
| c) Paredes internas                                  |                                   |
| – Tijolos maciços (20 × 10 × 6 cm):                  |                                   |
| meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos      | 2,29                              |
| meia-vez (10 cm) = 6 tijolos + 2 revestimentos       | 2,68                              |
| uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos       | 1,66                              |
| – Tijolos furados (20 × 20 × 10 ou 20 × 10 × 6 cm):  |                                   |
| meia-vez (10 cm) = 6 tijolos + 2 revestimentos       | 2,54                              |
| meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos      | 2,10                              |
| uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos       | 1,61                              |
| d) Concreto externo ou pedra                         |                                   |
| 15 cm                                                | 3,81                              |
| 25 cm                                                | 3,03                              |
| 35 cm                                                | 2,54                              |
| 50 cm                                                | 2,00                              |
| e) Concreto interno                                  |                                   |
| 10 cm                                                | 3,17                              |
| 15 cm                                                | 2,83                              |
| 20 cm                                                | 2,59                              |