

35

Livro-Texto

**INTRODUÇÃO AO PROJETO
DAS INSTALAÇÕES ESPECIAIS**

**Marcos José Vieira de Melo
Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos
Sérgio da Motta Bittencourt**

INTRODUÇÃO AO PROJETO DAS INSTALAÇÕES ESPECIAIS

Arquitetura e Urbanismo - UFPE

Marcos José Vieira de Melo
Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos
Sérgio da Motta Bittencourt

INTRODUÇÃO AO PROJETO DAS INSTALAÇÕES ESPECIAIS

Arquitetura e Urbanismo - UFPE

Editora
Universitária  UFPE

Recife, 2014

Universidade Federal de Pernambuco

Reitor: Prof. Anísio Brasileiro de Freitas Dourado

Vice-Reitor: Prof. Sílvio Romero Marques

Diretora da Editora UFPE: Prof^a Maria José de Matos Luna

Editora associada à



Comissão Editorial

Presidente: Prof^a Maria José de Matos Luna

Titulares: Ana Maria de Barros, Alberto Galvão de Moura Filho, Alice Mirian Happ Botler, Antonio Motta, Helena Lúcia Augusto Chaves, Liana Cristina da Costa Cirne Lins, Ricardo Bastos Cavalcante Prudêncio, Rogélia Herculano Pinto, Rogério Luiz Covaleski, Sônia Souza Melo Cavalcanti de Albuquerque, Vera Lúcia Menezes Lima.

Suplentes: Alexandro da Silva, Arnaldo Manoel Pereira Carneiro, Edigleide Maria Figueiroa Barretto, Eduardo Antônio Guimarães Tavares, Ester Calland de Souza Rosa, Geraldo Antônio Simões Galindo, Maria do Carmo de Barros Pimentel, Marlos de Barros Pessoa, Raul da Mota Silveira Neto, Sílvia Helena Lima Schwamborn, Suzana Cavani Rosas.

Editores Executivos: Edigleide Maria Figueiroa Barretto, Rogério Luiz Covaleski e Sílvia Helena Lima Schwamborn

Créditos

Capa e projeto gráfico: EdUFPE

Catálogo na fonte:

Bibliotecária Kalina Lígia França da Silva, CRB4-1408

M528i Melo, Marcos José Vieira de.
Introdução ao projeto das instalações especiais, Arquitetura e Urbanismo - UFPE / Marcos José Vieira de Melo, Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos, Sérgio da Motta Bittencourt. – Recife : Ed. Universitária da UFPE, 2014.
164 p. : il. – (Série Livro-Texto).

Inclui bibliografia.
ISBN 978-85-415-0412-6 (broch.)

1. Construção civil - Detalhes. 2. Arquitetura. 3. Gás - Instalações. 4. Ar condicionado – Instalações. 5. Refrigeração. 6. Engenharia de incêndio. I. Vasconcelos, Ronald Fernando Albuquerque. II. Bittencourt, Sérgio da Motta. III. Título.

690 CDD (23.ed.) UFPE (BC2014-005)

AGRADECIMENTOS

Nós autores agradecemos:

Aos nossos pais, por tudo que fizeram pela nossa formação intelectual;

Às nossas esposas e filhos, pelas horas que lhes privamos da nossa convivência;

Aos nossos alunos, por serem fonte constante de incentivo, reflexão e inspiração;

À aluna Ulliane Albuquerque, monitora da disciplina, por toda a ajuda prestada na digitação dos manuscritos que deram origem a esta publicação.

PREFÁCIO

Quando este Livro-Texto foi escrito, o objetivo dos professores foi preencher uma lacuna existente na disciplina Instalações Especiais, do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco. Até então, os alunos eram obrigados constantemente a recorrer a publicações especializadas que, além de escassas, geralmente expunham o assunto de forma não adequada aos objetivos da disciplina.

Este texto didático visa atender principalmente, aos estudantes do curso de arquitetura que desejam obter informações sobre o assunto. Expõe de forma simplificada e prática, os conceitos básicos, no nível predial, sobre instalações de gás, instalações de proteção e combate a incêndio, e sistemas de ar-condicionado, dispondo sobre seus principais componentes, o seu dimensionamento e das tubulações, bem como sobre recomendações das normas pertinentes.

Apesar de não se pretender esgotar todo o assunto sobre a matéria, acredita-se que este trabalho possa vir a ser útil na formação teórica e prática tanto do estudante de arquitetura quanto do estudante de engenharia civil, tendo-se em vista a importância do conhecimento do assunto para elaboração mais adequada do projeto de instalações especiais de um edifício.

Os autores

01

Sistemas Centrais de gás

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O FORNECIMENTO DE GLP

O gás combustível é fornecido atualmente no Brasil através de duas maneiras diferentes: canalizado ou engarrafado.

O gás encanado ou seja, o gás de rua, é obtido a partir do craqueamento da nafta, subproduto do petróleo, ou oriundo diretamente de poços de petróleo, no caso o gás natural, que abastece por exemplo o Rio de Janeiro vindo da bacia de Campos, e o gás que abastece parte das indústrias em Pernambuco, vindo do Rio Grande do Norte.

O gás engarrafado ou seja, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) se constitui basicamente numa mistura de gás butano e propano, obtidos através da destilação do petróleo, e tem seu uso bastante difundido, sendo praticamente utilizado em quase todo o país já que não necessita de rede de distribuição como o gás encanado.

Nos últimos anos a distribuição do Gás Natural vem sendo ampliada em todo o país, através da instalação de redes nas maiores cidades brasileiras por concessionárias públicas. Entretanto, neste trabalho serão estudadas apenas as instalações de Gás Liquefeito de Petróleo, tendo-se em vista ser o mais usual e o adotado em Pernambuco.

As Normas Brasileiras que tratam das instalações internas de GLP ou GN são:

- NBR 13932 “Instalações internas de gás liquefeito de petróleo (GLP) – Projeto e execução”
- NBR 13933 “Instalações internas de gás natural (GN) – Projeto e execução”
- NBR 14570 “Instalações internas para uso alternativo dos gases GN e GLP - Projeto e execução”

1.2. VANTAGENS DO GLP

Entre as vantagens do GLP em relação à maioria dos combustíveis podemos citar:

- Alto poder calorífico
- Gás encanado - 5000 Kca/Kg
- GLP - 11000 a 11800 Kcal/Kg (conforme o teor de butano e propano)
- Não é tóxico
- Alto rendimento
- Após a queima não produz resíduo
- Facilidade e rapidez de operação

1.3. DESVANTAGENS DO GLP

A principal desvantagem do GLP está na descontinuidade de fornecimento, já que é necessária a substituição dos cilindros de GLP sempre que esses acabam, ou abastecimento dos cilindros no caso de recipientes estacionários.

1.4. TIPOS DE PONTOS DE UTILIZAÇÃO

- Fogões;
- Fornos;

- Banho-Maria;
- Chapas;
- Aquecedores de água;
- Equipamentos de laboratórios;
- Incineradores de lixo, Etc.

1.5. TIPOS DE DISTRIBUIÇÃO DO GLP

1.5.1. Recipientes transportáveis

- Botijões de 2 Kg (utilizados para iluminação e camping)
- Botijões de 5 Kg (mesmo uso)
- Botijões de 13 Kg (normalmente utilizados em residências)
- Cilindros de 45 Kg (utilizados em sistemas centrais de GLP)
- Carrapetas de 90 Kg (para grandes consumidores)

1.5.2. Recipientes estacionários

- Para uso Predial ou industrial. Atualmente vêm sendo muito utilizados em edifícios residenciais (ver fotos 1.1 a 1.7)

1.6. CONSIDERAÇÕES SOBRE RECIPIENTES

1.6.1. Quanto à localização

- De superfície, enterrados ou aterrados

1.6.2. Quanto ao formato

- Cilíndricos ou esféricos

1.6.3. Quanto à posição

- Verticais ou horizontais

1.6.4. Quanto à fixação

- Fixos ou não-fixos

1.6.5. Quanto ao manuseio

- Transportáveis ou estacionários

1.6.6. Quanto ao abastecimento

- Abastecidos no local ou trocados

1.7. NOMENCLATURAS USUAIS

1.7.1. Rede de distribuição externa primária

Trecho de tubulação compreendido entre o regulador de primeiro estágio e a rede de distribuição externa secundária (ver fig 1.1).

1.7.2. Rede de distribuição externa secundária

Trecho de tubulação situado entre duas derivações para a rede prumada de gás (ver fig. 1.1).

1.7.3. Rede prumada de gás

Tubulações de gás em direção vertical agrupadas ou isoladas, que atravessam um ou mais pavimentos de um prédio (ver fig. 1.1).

1.7.4. Rede de distribuição interna

Tubulações compreendidas entre as prumadas e os reguladores de segundo estágio (ou dos medidores) (ver fig. 1.1).

1.7.5. Rede de derivação para os pontos de consumo

Tubulações compreendidas entre os reguladores de segundo estágio (ou dos medidores) e os aparelhos de utilização (ver fig 1.1).

1.7.6. Dreno

É o equipamento instalado no ponto mais baixo da instalação e que tem a função de recolher o condensado do gás.

1.7.7. Grupo de medição

É o conjunto de equipamentos reunidos em uma mesma caixa, composto de medidor, regulador de segundo estágio, registro e acessórios de ligação.

1.7.8. Central de GLP

É o conjunto constituído de cilindros de GLP e manifold.

1.7.9. Manifold (Barrilete)

É o conjunto constituído de registros, manômetro, válvula de redução de pressão e tubulações de borracha (pig-tail) e que tem a função de ligação entre os cilindros de GLP e a tubulação de alimentação (ver figura 1.2).

1.8. PRESSÕES DE UTILIZAÇÃO

As empresas distribuidoras fornecem o GLP em recipientes com pressão na faixa de 35 a 105 m.c.a. (3,5 a 10,5 Kg/cm²). Entretanto os equipamentos como os fogões, aquecedores de água, etc., precisam para funcionar que o gás seja fornecido a uma pressão de 0,28 m.c.a. (0,028 Kg/cm²).

Como a utilização do GLP na tubulação de alimentação em alta pressão tem como vantagem a redução do diâmetro da tubulação, e como a pressão do GLP na mesma, ou seja, nas redes de distribuição externas e nas redes prumadas de gás (Ver fig. 1.1) não pode ser superior a 15 m.c.a. (1,5 Kg/cm²), normalmente é utilizado um regulador de primeiro estágio (regulador de alta) para reduzir a pressão do gás na tubulação de alimentação para 10 m.c.a. (1,0 kg/cm²).

Nas redes de derivação para pontos de consumo (Ver figura 1.1), a pressão é novamente reduzida no regulador de segundo estágio (regulador de baixa) para a pressão de utilização. Em alguns casos a pressão é reduzida diretamente do cilindro através do regulador de segundo estágio.

Em resumo temos:

- PRESSÃO NO RECIPIENTE: 35 a 105 m.c.a.
- REGULADOR DE PRIMEIRO ESTÁGIO: redução para valor ~ 15 m.c.a.
- REGULADOR DE SEGUNDO ESTÁGIO: redução para valor < 0,28 m.c.a (Ver fig.03)
- CONVERSÃO DE UNIDADES:
1 m.c.a. = 0,1 Kg/cm² = 1,42233 psi
psi = libra por polegada quadrada

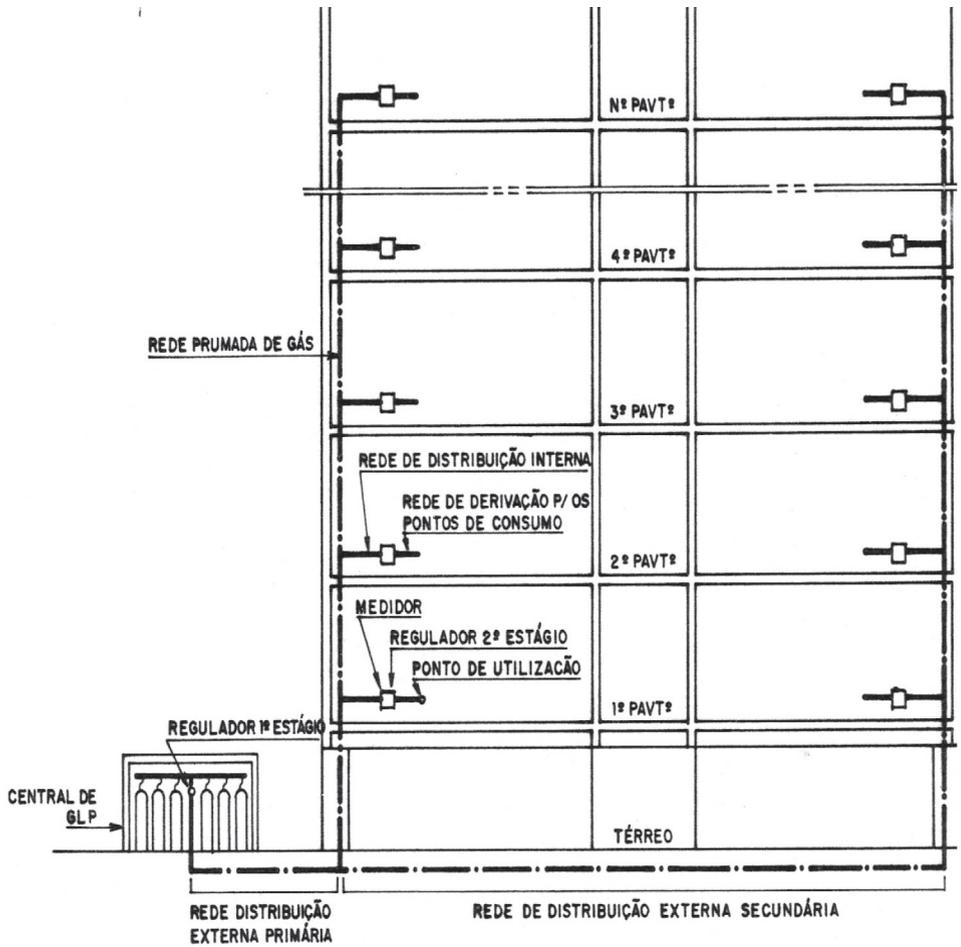


FIG. 1.1. Tubulações de GLP

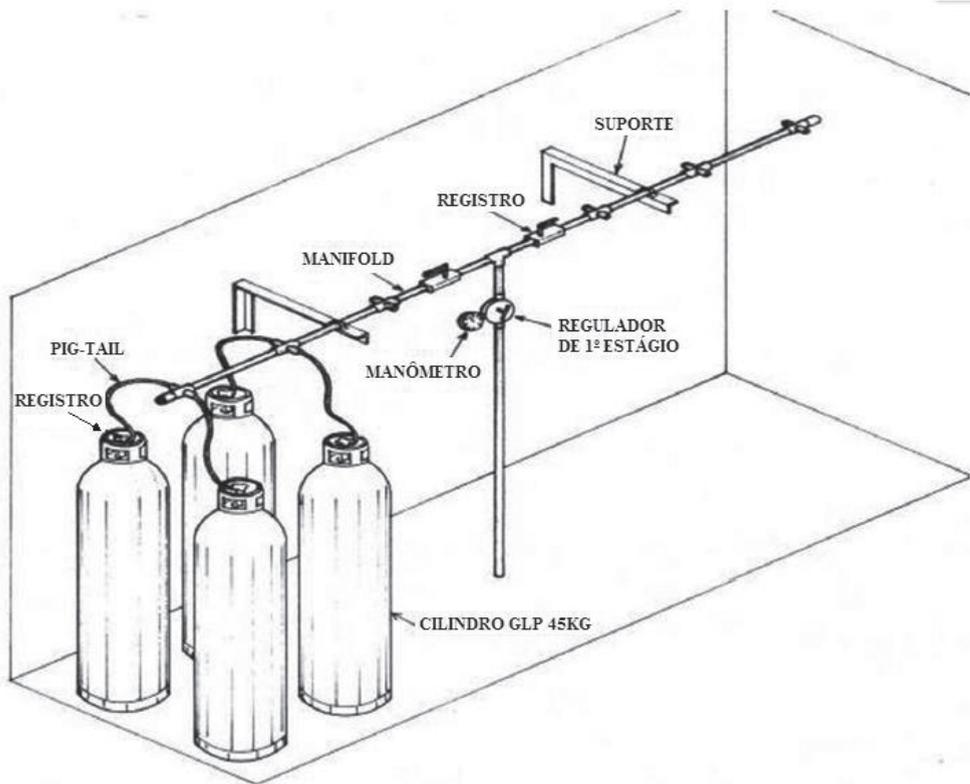


FIG. 1.2. Manifold

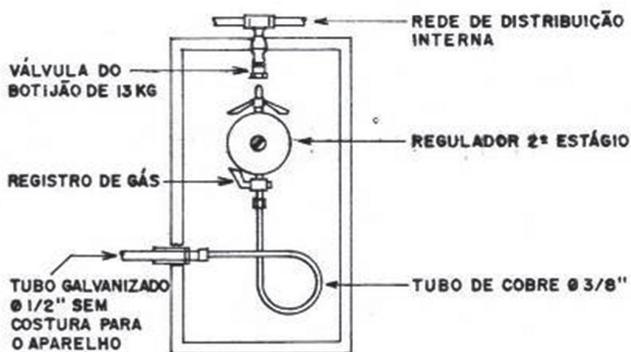


FIG. 1.3. Caixa do Regulador de Segundo Estágio

1.9. EXIGÊNCIA DE CENTRAL DE GLP EM EDIFICAÇÕES

O Corpo de Bombeiros da Polícia Militar de Pernambuco considerando o elevado risco de sinistros decorrentes de vazamento de GLP de botijões nas edificações, principalmente nas elevadas, pondo em risco toda a população das mesmas, através da Portaria Administrativa nº 018/89-CMDO/CB passou a exigir e regulamentar as instalações de centrais de GLP para as edificações abaixo:

- TODAS AS EDIFICAÇÕES:
 - Com mais de 8 pavimentos, ou
 - Altura superior a 20 m.
- HOTÉIS, RESTAURANTES, PANIFICADORAS E ESTABELECIMENTOS CONGÊNERES
 - Área construída superior a 500 m².
- HOSPITAIS, CUNICAS, ESCOLAS E ESTABELECIMENTOS CONGÊNERES
 - Área construída superior a 750 m².

1.10. DIMENSIONAMENTO DO NÚMERO DE CILINDROS

Para o dimensionamento do número de cilindros da central de GLP, precisamos inicialmente calcular o valor do consumo total dos equipamentos da edificação.

Para efeito do cálculo podemos considerar o consumo dos diversos equipamentos conforme descrito abaixo:

TABELA 1.1 – Equipamento x Consumo (Kg GLP/H)

Equipamento	Consumo (Kg GLP/H)
Fogão doméstico 4 bocas *	0,40
Fogão doméstico 6 bocas *	0,60
Fogão industrial (por boca)	0,60

Equipamento	Consumo (Kg GLP/H)
Forno industrial (câmara única)	0,60
Sanduicheira simples	0,22
Sanduicheira conjugada	0,44
Banho maria (dimensões 0,50 x 1,00)	0,30
Banho maria (dimensões 1,00 x 1,00)	0,60
Aquecedor de água 50 litros	0,33
Aquecedor de água 75 litros	0,53
Aquecedor de água 100 litros	0,68
Aquecedor de água 150 litros	0,71
Caldeirão industrial 50 litros	0,70
Caldeirão industrial 100 litros	1,30
Caldeirão industrial 200 litros	1,80

***CONSIDERAR:** Prédios médios - fogão 4 bocas; prédios de luxo - 6 bocas

Para o caso de edifícios de apartamentos, o cálculo do número total de equipamentos em uso simultâneo e consumindo GLP no máximo, levaria a um erro grosseiro, já que na prática isto nunca viria a ocorrer.

Para corrigir essa distorção, adotamos um fator de demanda em função do número de andares do edifício, conforme tabela abaixo.

$$Q_{\text{projeto}} = Q_{\text{máxima}} \times \text{fator de demanda}$$

TABELA 1.2 – Número de andares x Fator de Demanda

Número de andares do edifício de apartamentos	Fator de Demanda
Até 3 andares	1
4	0,95
5	0,90
6	0,85
7	0,80
8	0,75
9	0,70
10 a 15	0,65

Número de andares do edifício de apartamentos	Fator de Demanda
15 a mais	0,60

Considerando-se a vazão de gás de 1,2 Kg de GLP/h por cilindro de 45 Kg (vaporização de gás), e dividindo-se a vazão demandada por esse valor, obtemos o número de cilindros necessários. Ao número de cilindros de 45 Kg encontrados, considerar a mesma quantidade de cilindros para RESERVA, para possibilitar a substituição da bateria de cilindros sem necessidade de interrupção do fornecimento de GLP.

1.10.1. Roteiro de cálculo

1. Calcular o valor de consumo dos equipamentos da edificação.
2. Aplicar o fator de demanda.
3. Considerar a vazão de gás de 1,2 Kg de GLP/h por cilindro.
4. Dividir o valor demandado por 1,2 Kg de GLP/h.
5. Ao número de cilindros de 45 Kg encontrados considerar a mesma quantidade de cilindros para reserva.

1.11. DIMENSIONAMENTO DA CENTRAL DE GLP

1.11.1. Comprimento

Como os recipientes adotados na prática nas centrais de GLP são os de 45Kg que possuem um diâmetro de 0,36 m e altura de 1,30 m temos:

- Para cilindros de 45 Kg considerar 0,40 m por cilindro.
- Acrescentar 0,50 m ao comprimento total.

1.11.2. Largura mínima

- Disposição linear - 0,50 m
- Disposição dupla - 1,00 m

1.11.3. Pé direito

Considerar pé direito de aproximadamente 2,00 m para permitir livre acesso para manutenção do manifold e substituição dos cilindros.

1.11.4. Considerações sobre a construção

1. A construção deverá ser em alvenaria de tijolos e nos casos onde for necessária a sua instalação junto ao limite do terreno ou sob a edificação, deverá ser construída em concreto armado.
2. Deverão ser dotadas de portas em tela ou veneziana, para propiciar boa condição de ventilação natural, e com sentido de abertura para fora.
3. Na porta de acesso deverá constar a sinalização “INFLAMÁVEL” e “PROIBIDO FUMAR”.
4. O piso da central de GLP deverá ter nível igual ou superior ao piso. circundante, para evitar acúmulo de GLP, já que esse é mais denso que o ar.

Na figura abaixo temos em planta baixa uma central de GLP de 6+6 cilindros com disposição dupla.

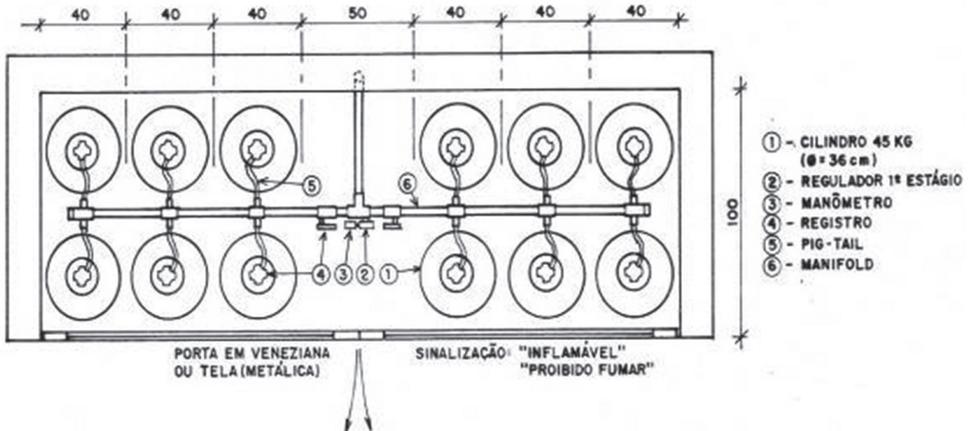


FIG. 1.4. Planta baixa de uma central de GLP



FOTOGRAFIA 1.1. Central de GLP

FOTOGRAFIA 1.2. Manifold





FOTOGRAFIA. 1.3. Central de GLP

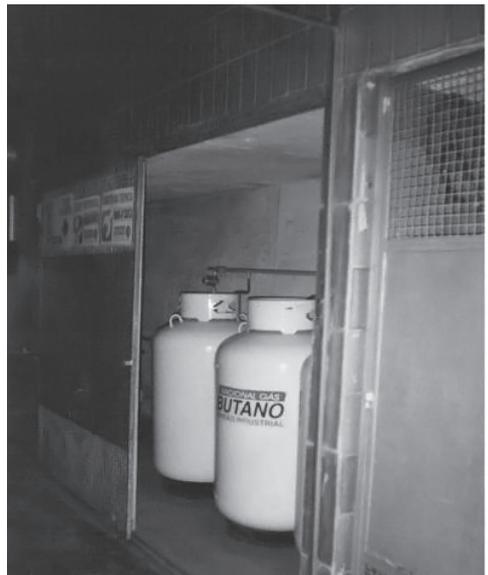
FOTOGRAFIA. 1.4. Central de GLP





FOTOGRAFIA. 1.5. Central de GLP

FOTOGRAFIA. 1.6. Central de GLP





FOTOGRAFIA. 1.7. Manifold

1.12. LOCALIZAÇÃO DA CENTRAL DE GLP

A escolha da central de GLP, quando da elaboração do projeto arquitetônico, deverá obedecer “as seguintes recomendações:

1.12.1. Localização em área externa da edificação

- Protegida do trânsito de veículos e pedestre.
- Em local de fácil acesso em caso de emergência.

1.12.2. Localização em outros pavimentos

- Só com acesso através de rampas.
- Não podem ser instaladas em subsolo.

1.12.3. Afastamentos mínimos

• Da projeção do edifício (exceto em edifícios com ocupação total do terreno)	1.00m
• Da divisa do terreno	2.00m
• De aberturas de pavimentos superiores.	
• De pontos elétricos	
• De pontos de ignição.	
• De material de fácil combustão abaixo das válvulas.	
• De fossas, caixas de inspeção, ralos, etc.	3.00m
• De portas, janelas e outras aberturas.	1.00m

1.13. REDES DE DISTRIBUIÇÃO

1.13.1. Posicionamento das tubulações - limitações

- Devem ter um traçado o mais curto possível.
- Não devem sofrer esforços não previstos.
- Não devem ser embutidas em elementos estruturais de concreto.
- Não devem atravessar vigas ou lajes: só através de passagens com diâmetro maior.

1.13.2. Principais características

1.13.2.1. Afastamentos mínimos

- 0,20m de canalizações de outra natureza (elétricas, hidráulicas, etc.)
- Espaçamento entre si igual ao próprio diâmetro.

1.13.2.2 Declividade mínima

- - 0,50 % (limitada aos trechos horizontais) de forma que os eventuais condensáveis de GLP possam escoar para os pontos de drenagem previstos no projeto.

1.13.3. Observações importantes

- Não é permitida a passagem da rede no interior de outras redes (esgotos, ar condicionado, águas pluviais, poços de elevadores, etc.).
- Deverá passar sempre por local bem ventilado.
- Quando embutidas em furos de alvenaria ou painéis, os tubos devem ser envolvidos por camada de argamassa que preencha os vazios da alvenaria.

1.13.4. Pressões máximas admitidas para condução do GLP nas redes

- Para as redes primárias: 150 kPa;
- Para as redes secundárias: 5 kPa.

1.14. POSICIONAMENTO DOS MEDIDORES DE VAZÃO

- Em área comum da edificação com fácil acesso.
- Em áreas bem ventiladas e iluminadas.
- Afastados de qualquer dispositivo elétrico.

1.15. DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO DE BAIXA PRESSÃO

1.15.1. Pela Equação de Pole

O dimensionamento da tubulação de gás em baixa pressão, ou seja, a partir do regulador de segundo estágio é obtido através da equação de POLE:

$$Q = 1350 \sqrt{\frac{D^5 H}{SL}}$$

Q = Vazão de gás (pés³/h)

D = Diâmetro interno do tubo (pol.)

H = Queda de pressão (pol. coluna d'água)

S = Densidade do gás em relação ao ar (S = 1,76)

L = Comprimento total da tubulação (Jardas)

1 jarda = 3 pés = 0,9144m

Para o cálculo do comprimento total da tubulação, deve ser adicionado ao comprimento real da tubulação, o comprimento equivalente decorrente de perda de carga em conexões e válvulas, conforme tabela específica.

O cálculo através da equação de POLE foi incluído neste trabalho apenas de forma ilustrativa, já que para o nosso estudo será adotado o método prático.

1.15.2. Método Prático - Baixa Pressão

Para o cálculo da tubulação de baixa pressão em edifícios residenciais podemos adotar o seguinte método prático:

- Apartamentos com um único fogão como ponto de consumo
 - tubulação exposta - tubo de cobre recozido com diâmetro 3/8” .
 - tubulação embutida - tubo de aço Mannesmann sem costura com diâmetro de 1/2”.
- Apartamentos com dois ou mais pontos de consumo
 - tubo de aço Mannesmann sem costura com diâmetro de 1/2”.

1.16. DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO DE BAIXA PRESSÃO

1.16.1. Pela fórmula

O dimensionamento da tubulação de GLP em alta pressão, ou seja, entre os reguladores de segundo estágio e o regulador de primeiro estágio é obtido através da seguinte fórmula:

$$Q = 2600 \sqrt{\frac{D^5 H}{SL}}$$

Q = Vazão do gás (pés³/h)

D = Diâmetro interno do tubo (pol.)

S = Densidade do gás em relação ao ar (S=1,76)

L = Comprimento total da tubulação (pés)

H = Queda de pressão (pol. coluna d'água)

sendo, H = P12 – P22 onde:

P1 = pressão de saída no regulador de primeiro estágio.

P2 = pressão de entrada no regulador de primeiro estágio.

1.16.2. Método prático

Da mesma forma adotada no dimensionamento da tubulação em baixa pressão, para o nosso estudo, utilizaremos o método prático para dimensionamento da tubulação em alta pressão.

1.16.2.1. Cálculo da vazão do projeto

$$Q_{\text{PROJETO}} = Q_{\text{MÁXIMO}} \times \text{FATOR DE DEMANDA (ver tabela 02)}$$

1.16.2.2. Comprimento total da rede de distribuição

$$L_R = RDEP + RDE5 + RPG + (n \times RDI)$$

onde: RDEP - Rede de distribuição externa primária
RDE5 - Rede de distribuição externa secundária
RPG - Rede prumada de gás
RDI - Rede de distribuição interna
n - Número de andares do prédio com pontos de gás
LR - Comprimento Total da tubulação, da saída do regulador de primeiro estágio até a entrada do mais distante regulador de segundo estágio.
(Ver fig. 1.1)

1.16.2.3. Perda de carga

A perda de carga é decorrente de joelhos, reduções, registros, e demais conexões e equipamentos no trecho entre o regulador de primeiro estágio e reguladores de segundo estágio. É convencionado para cada elemento, 1,00m de comprimento equivalente de tubulação.

$$LEQUIV = m \times 1,00$$

$$L_{\text{PROJETO}} = L_R + LEQUIV$$

onde: LPROJETO – comprimento de projeto
 LEQUIV – comprimento equivalente
 m – número de elementos da tubulação

1.16.2.4. Determinação do diâmetro da tubulação

O diâmetro da tubulação é obtido a partir da tabela 03 abaixo, em função da vazão de projeto e comprimento de projeto:

TABELA 1.3 – Diâmetro da tubulação do projeto

QPROJETO (Kg/h)	LPROJETO (m)	
	Até 100m	100 a 200m
Até 10	Ø 3/4"	Ø 1"
10 a 20	Ø 1"	Ø 1 1/2"
20 a 50	Ø 1 1/2"	Ø 1 1/2"
50 a 100	Ø 2"	Ø 2"

1.16.2.5. Valores de redução

- Rede prumada de gás

A partir da metade da altura da rede prumada de gás, a tubulação deverá ter o diâmetro reduzido para o valor imediatamente inferior.

(Ver fig 1.5 e 1.6)

- Rede de distribuição interna

O seu diâmetro deverá ser imediatamente inferior ao do trecho da rede prumada de gás no qual está conectado. (Ver fig 1.5 e 1.6)

- Observação:

- O diâmetro mínimo permitido para as reduções acima citadas é de 3/4".
- O diâmetro mínimo permitido no Manifold (barrilete) é de 3/4".

1.16.3. Dimensionamento para uma única rede prumada de gás

CÁLCULO DE d_2 E d_3

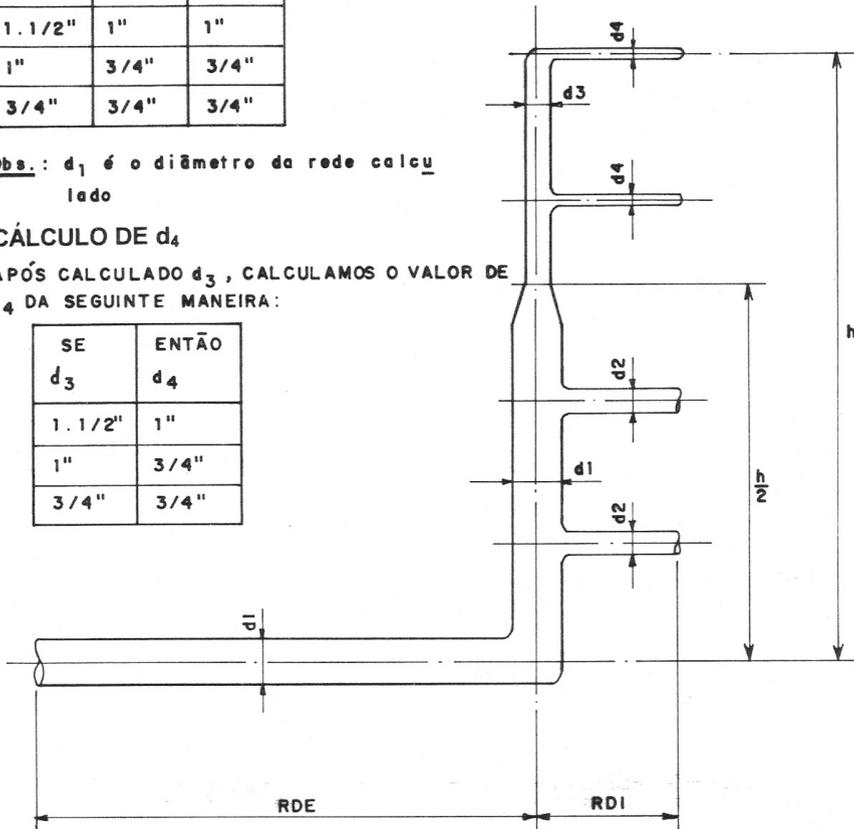
SE d_1	ENTÃO	
	d_2	d_3
2"	1. 1/2"	1. 1/2"
1. 1/2"	1"	1"
1"	3/4"	3/4"
3/4"	3/4"	3/4"

Obs.: d_1 é o diâmetro da rede calculado

CÁLCULO DE d_4

APÓS CALCULADO d_3 , CALCULAMOS O VALOR DE d_4 DA SEGUINTE MANEIRA:

SE d_3	ENTÃO d_4
1. 1/2"	1"
1"	3/4"
3/4"	3/4"



ONDE h É O COMPRIMENTO TOTAL DA REDE PRUMADA DE GÁS.

FIG. 1.5. Dimensionamento para uma única rede prumada de gás

*OBS.: Sendo o caso com pilotis, o h será observado de forma que a redução ocorra após a metade mais um pavimento tipo se ímpar ou par, no mínimo de 06 pavimentos.

1.16.4. Dimensionamento para duas ou mais redes prumadas de gás

CÁLCULO DE d_2 E d_3

SE d_1	ENTÃO	
	d_2	d_3
2"	1.1/2"	1.1/2"
1.1/2"	1"	1"
1"	3/4"	3/4"
3/4"	3/4"	3/4"

CÁLCULO DE d_4

SE d_3	ENTÃO d_4
1.1/2"	1"
1"	3/4"
3/4"	3/4"

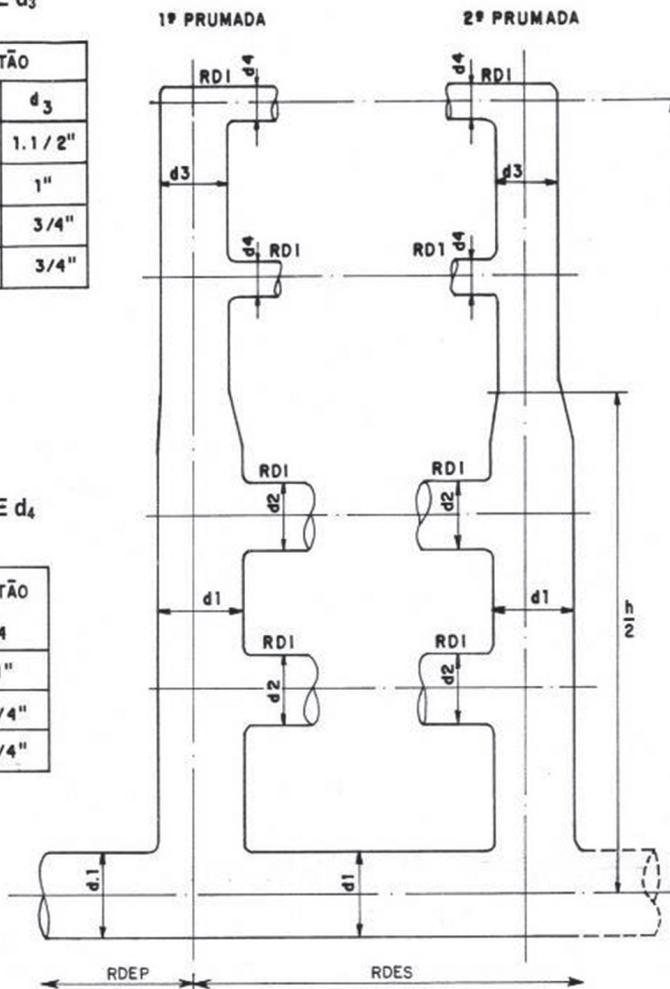


FIG. 1.6. Dimensionamento para duas ou mais redes prumadas de gás

1.16.5. Distribuição de GLP com instalação central para um edifício de apartamentos

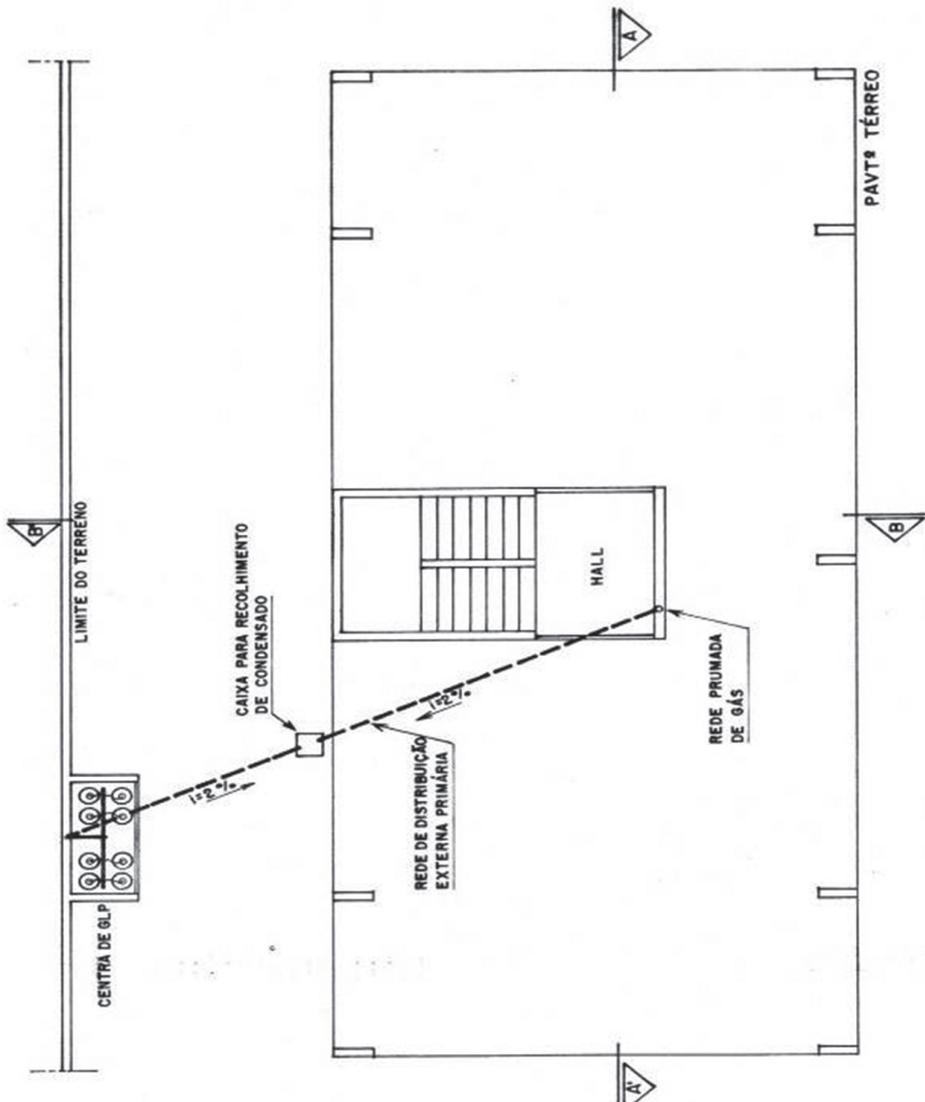


FIG. 1.7. Distribuição de GLP com instalação central para um edifício de apartamentos

1.16.6. Distribuição de GLP com instalação central para um edifício de apartamentos

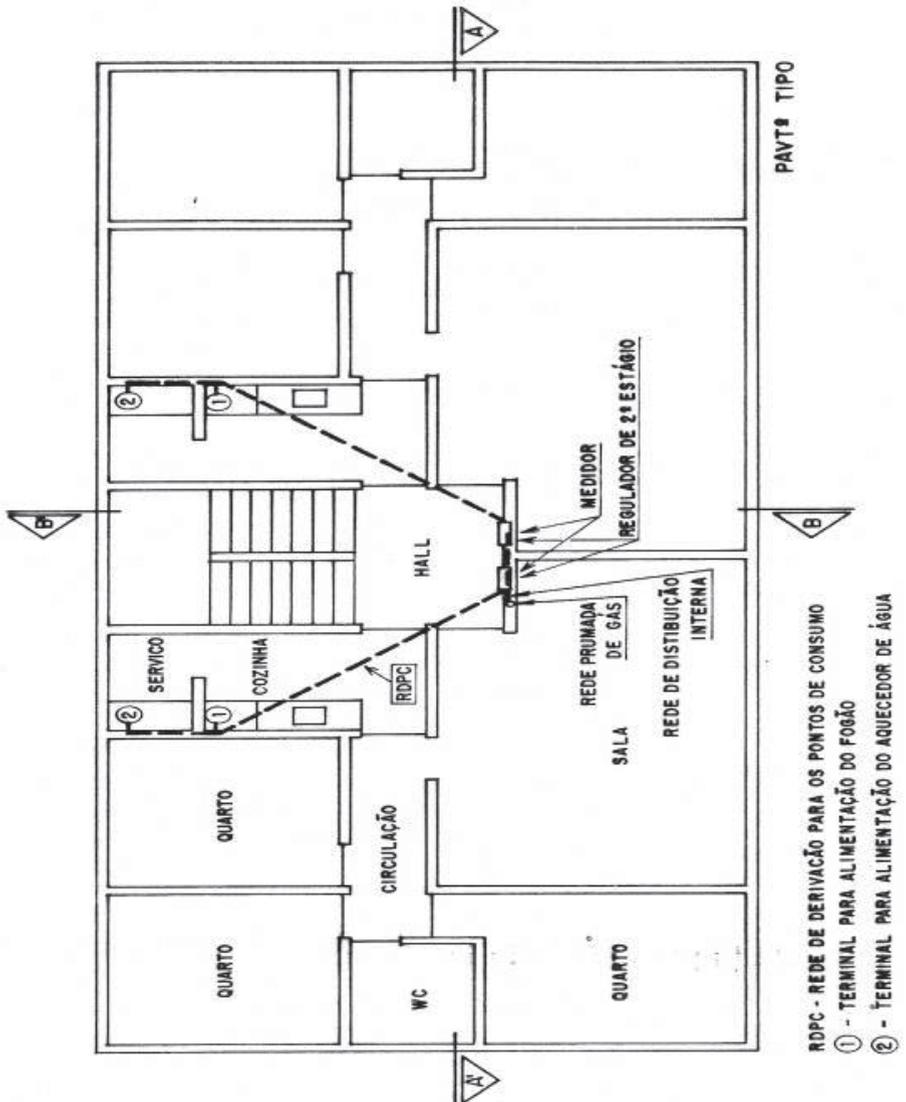


FIG. 1.8. Distribuição de GLP em planta baixa

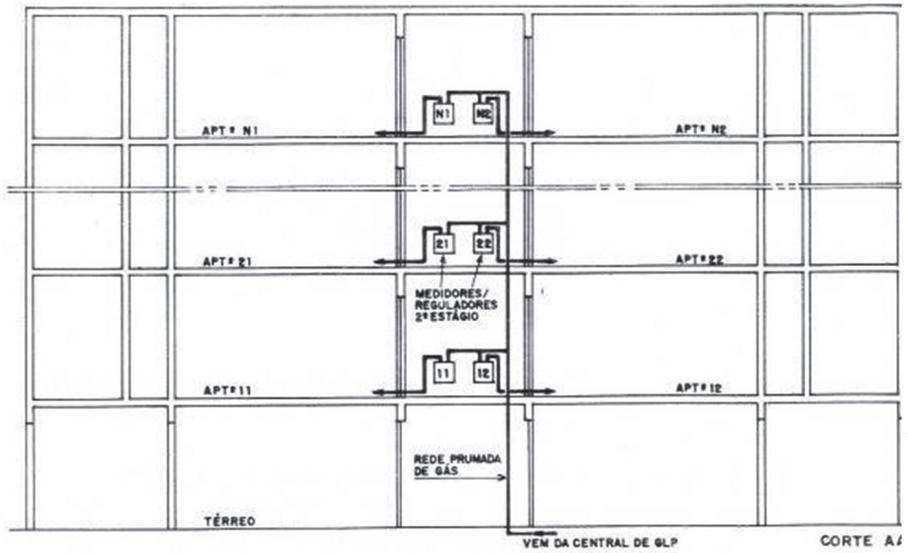


FIGURA 09

**DISTRIBUIÇÃO DE GLP
COM INSTALAÇÃO CENTRAL
EDIFÍCIO DE APARTAMENTOS**

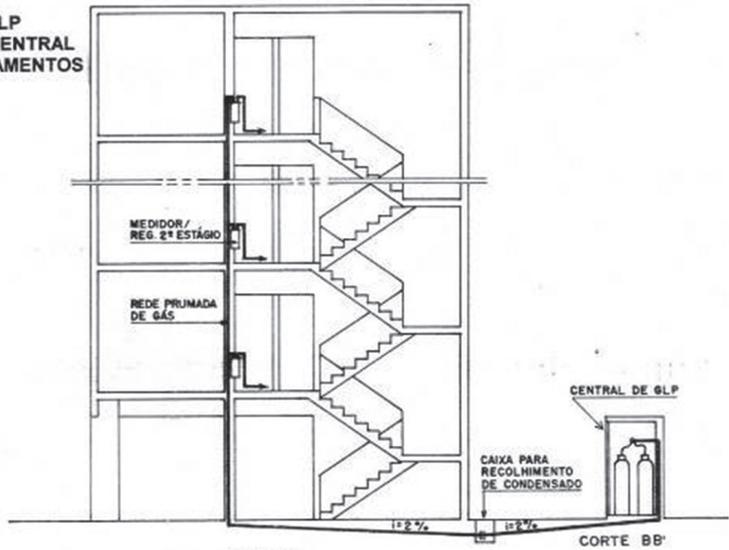


FIGURA 10

FIG. 1.9. Distribuição de GLP com instalação central para um edifício de apartamentos

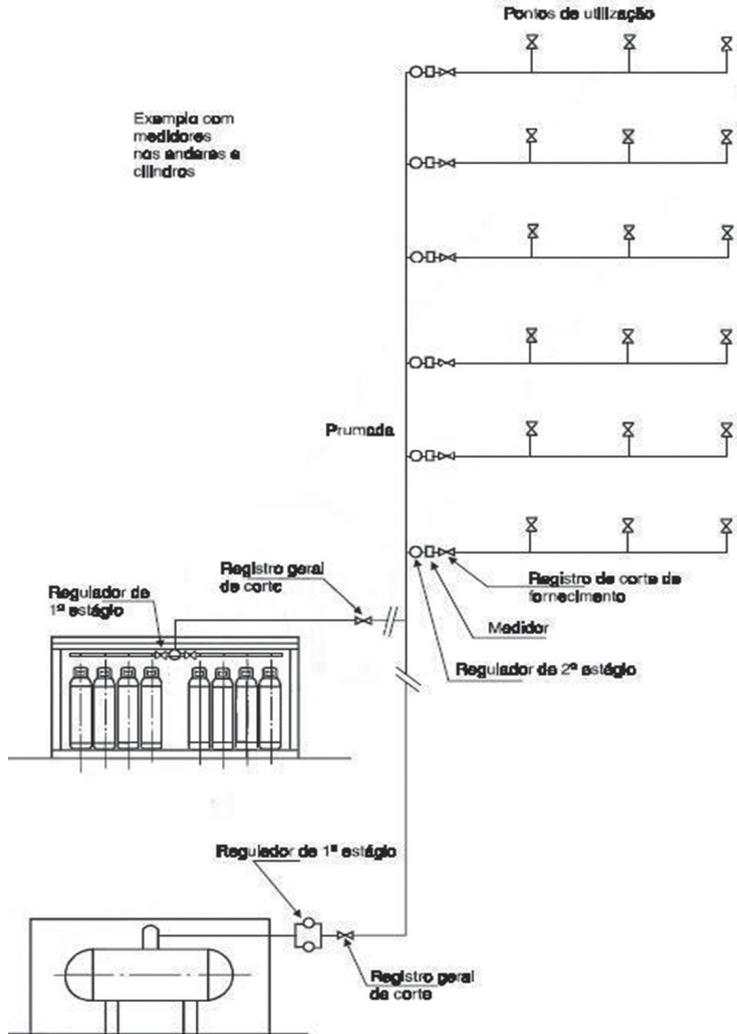


FIG. I.10. Distribuição de GLP com instalação central para um edifício de apartamentos com cilindros móveis e estacionários

02

Instalações de proteção e combate a incêndio

2.1. CLASSE DA NATUREZA DO INCÊNDIO

De acordo com as normas brasileiras são quatro as classes de natureza dos incêndios. Esta classificação é geral, e as normas dos Corpos de Bombeiros estaduais costumam fazer um desmembramento destas classes relacionando-as com o tipo de uso e ocupação dos edifícios, como é o caso das normas do Corpo de Bombeiros de Pernambuco, CB – 016/86. Segundo a norma brasileira as quatro classes são as seguintes:

- **CLASSE A – INCÊNDIOS DE MATERIAIS COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS:**

Propriedades: queimam em sua superfície e em profundidade, deixando resíduos.

- Madeira
- Tecidos
- Papel
- Lixo comum
- Fibras
- Ferragens, etc.

- **CLASSE B – INCÊNDIOS EM LÍQUIDOS INFLAMÁVEIS E DERIVADOS DE PETRÓLEO:**

Propriedades: queimam somente em sua superfície, não deixando resíduos.

- Óleos
- Graxas
- Vernizes
- Tintas
- Gasolina
- Querosene
- Solventes
- Borracha, etc.

- **CLASSE C – INCÊNDIOS EM EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS ENERGIZADOS:**

Propriedades: presença de risco de vida por choque elétrico.

- Motores
- Geradores
- Transformadores
- Reatores
- Aparelhos de ar condicionado
- Televisores
- Rádios
- Quadros de distribuição, etc.

- **CLASSE D – INCÊNDIOS EM MATERIAIS PIRÓFOROS E SUAS LIGAS (MAGNÉSIO, SÓDIO, POTÁSSIO, ALUMÍNIO EM GROSAS, ETC.).**

2.2. SUBSTÂNCIAS OU AGENTES PARA EXTINÇÃO DO FOGO

Para cada classe existe um agente mais indicado para extinção do fogo. Estes agentes são:

- **CLASSE A** – AGENTE EXTINTOR COM PODER DE “RESFRIAMENTO” E PENETRAÇÃO:

- Água;
- Espuma.

- **CLASSE B** – AGENTE EXTINTOR COM PODER DE “ABAFAMENTO” E AÇÃO DE PERMANÊNCIA:

- Espuma;
- Compostos químicos em pó;
- Gás carbônico;
- Compostos halogenados.

- **CLASSE C** – AGENTE EXTINTOR NÃO DEVE SER CONDUTOR DE ELETRICIDADE:

- Compostos químicos em pó;
- Gás carbônico;
- Compostos halogenados;
- Sistemas especiais como água nebulizada (para transformadores).

- **CLASSE D** – SUBSTÂNCIAS OU AGENTES ESPECIAIS:

- Compostos químicos;
- Limalha de ferro;
- Salgema;
- Areia etc.

2.3. EXTINTORES DE INCÊNDIO

Os extintores são basicamente de dois tipos: extintores manuais e sobre rodas.

2.3.1. Extintores manuais



FOTOGRAFIA. 2.1. Extintor manual

Na tabela a seguir são apresentadas as substâncias e capacidades dos extintores manuais.

TABELA 2.1 – Extintores Manuais: substâncias e capacidades

Substâncias	Capacidade	Nº de extintores que constituem uma unidade extintora
Espuma	10 L	1
Água pressurizada	10 L	1
Gás carbônico	6 kg	1
	4 kg	2
Pó químico	4 kg	1
	2 kg	2

* Com compostos halogenados a critério do Corpo de Bombeiros.

2.3.2. Extintores sobre rodas



FOTOGRAFIA. 2.2. Extintor sobre rodas

Na tabela a seguir são apresentadas as substâncias e capacidades dos extintores sobre rodas.

TABELA 2.2 – Extintores Sobre Rodas: substâncias e capacidades

Substância	Capacidade do extintor
Água e espuma	50 L
Gás carbônico (CO ₂)	30 kg
Pó químico	20 kg
Compostos halogenados	A critério do C.B.

* Para o cálculo do número de unidades extintoras, considerar apenas a metade da carga.

2.3.3. Área máxima de proteção de uma unidade extintora

De acordo com as classes são as seguintes as áreas de cobertura de 01 (uma) unidade extintora:

- RISCOS CLASSE A: 500m²
Distância máxima a percorrer: 20m

- RISCOS CLASSE B e C: 250 m²
Distância máxima a percorrer: 15m

No caso de extintores sobre rodas:

- Distância máxima a percorrer → uma vez e meia a distância exigida.

2.3.4. Observações gerais

- O número mínimo de unidades extintoras são: 2 para cada pavimento ou risco isolado, exceto área inferior a 50m².
- No mínimo 50% dos extintores exigidos para cada risco devem ser manuais.
- Extintores sobre rodas não podem proteger locais em pavimentos diferentes ou de difícil acesso.
- Locais de riscos especiais devem ser protegidos por unidades extintoras em quantidade correspondente à carga-incêndio independente da proteção normal da edificação.

Exemplos:

- Casa de caldeira
 - Casa de força
 - Casa de bombas
 - Incineradores
 - Casa de máquinas
 - Centrais de ar condicionado
 - Quadro de comando de força e luz
 - Transformadores
 - Outros riscos
-
- Edificação residencial, comercial ou mista, com pilotis, subsolo ou área destinada a estacionamento de veículos dentro de sua projeção

será classificada pelo risco mais elevado para efeito de instalação de unidades extintoras.

2.4. SISTEMA DE PROTEÇÃO POR HIDRANTES

2.4.1. Tipos de hidrantes

São os seguintes os tipos de hidrantes:

- Hidrante interno (Ver Fotografia 2.5 e 2.7)
- Hidrante de passeio (Ver Figura 2.6)
- Hidrante de coluna (Ver Figura 2.3 e 2.4)



FOTOGRAFIA. 2.3. Hidrante de coluna



FOTOGRAFIA. 2.4. Hidrante de coluna



FOTOGRAFIA 2.5 Hidrante interno

FOTOGRAFIA 2.6 Hidrante de passeio





FOTOGRAFIA 2.7 Extintores e hidrante

FOTOGRAFIA 2.8 Hidrante



2.4.2. Canalizações dos hidrantes

Aspectos a serem observados na canalização dos hidrantes:

- Uso exclusivo para os hidrantes
- Diâmetro interno maior que 63mm
- Material: ferro fundido, aço galvanizado ou cobre.

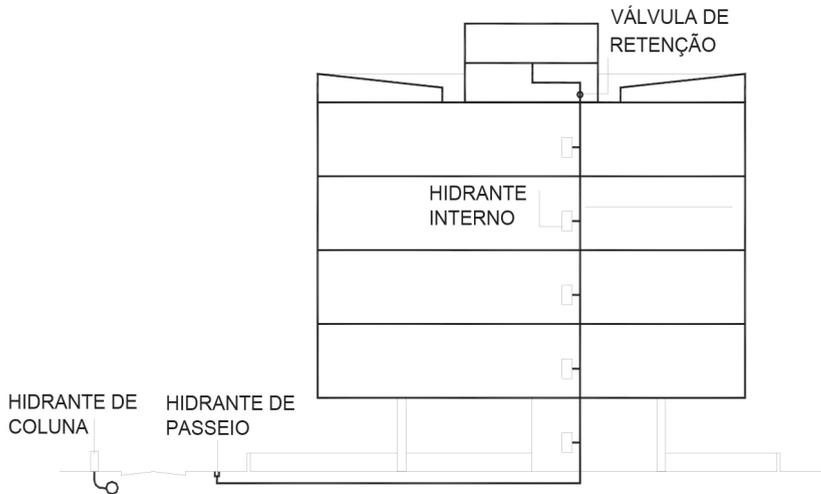


FIG 2.1 Localização dos Hidrantes

Para que haja o funcionamento adequado dos hidrantes, a altura mínima entre o fundo do reservatório e a saída do hidrante interno localizado no último pavimento deve ser de 4 (quatro) metros. Observado esta condição são respeitados os níveis mínimos de pressão e vazão para uma canalização de 63mm e funcionamento do hidrante durante uma hora, sem que seja necessário um dimensionamento específico do trecho de tubulação entre o reservatório e o hidrante mais elevado.

2.4.3. Níveis mínimos de vazão e pressão

De acordo com as diferentes classes são os seguintes os níveis mínimos de vazão e pressão:

TABELA 2.3 – Hidrantes: níveis mínimos de vazão e pressão

Níveis	Risco	Edificações não-industriais			Edificações industriais		
		Classes			Classes		
		A	B	C	A	B	C
Vazão mínima (l/min)		120	180	250	200	500	900
Pressão mínima no bocal (kgf/cm ²)		1,25	1,20	2,30	3,50	1,50	4,50
Diâmetro do local indicado		13mm	16mm	16mm	13mm	25mm	25mm
Reserva mínima (reserv. suplementar) (l)		7200	10800	15000	12000	38000	54000

2.4.4. Recomendações quanto ao local de instalação do sistema de hidrantes

As principais recomendações são as seguintes:

- Qualquer ponto da edificação ou pavimento que possa ser atingido por um jato d'água.
- Alcance mínimo da mangueira: 30m (15+15) com a mangueira estirada.
- Um mesmo hidrante não poderá proteger pontos de pavimentos diferentes.
- Altura do registro de manobra do hidrante: de 1m a 1,50m.
- Localizado próximo às portas de acesso às saídas.
- Distância máxima entre dois hidrantes: 70m.

2.5. SISTEMA DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO POR CHUVEIROS AUTOMÁTICOS (SPRINKLER)

2.5.1. Considerações Gerais

As edificações onde se exige a instalação de chuveiros automáticos constam no quadro de ocupação e exigências constantes das normas 016/96-CB.

A exigência dos chuveiros automáticos visam:

- Proteger áreas de maior risco;
- Evitar propagação de incêndios;
- Garantir um caminhar seguro nas rotas de fuga.

Além das canalizações e dos chuveiros, o sistema de Sprinklers é constituído ainda de válvulas, alarme, reservatório de água, casa de bomba, chaves de fluxo. São tubulações fixas e bicos devidamente dispostos, os quais deverão permanecer pressurizados, de forma a permitir a aplicação de água automaticamente, através do rompimento do selo sensor de temperatura em cada chuveiro.



FOTOGRAFIA 2.9 Sprinkler

O Sistema de Sprinklers Automático atua na extinção de fogo num edifício, pela pronta e contínua descarga de água, diretamente sobre o material em combustão. Os sprinklers são constituídos basicamente de um corpo, um ampola e defletor. O elemento sensível dos sprinklers é a ampola de vidro transparente, caracterizado pela sua resistência e rigidez. A ampola de vidro é hermeticamente fechada e selada e contém um líquido altamente expansível ao calor, capaz de exercer uma força de rompimento elevada. No caso da temperatura se elevar acima de um limite pré-determinado, a pressão criada pela expansão do líquido rompe a ampola, dando saída à água, a qual se espalha.

O sistema de alarme do sprinkler deverá estar ligado a uma central, de forma a poder identificar qual a zona de proteção afetada. (Ver figura 2.2 e fotografia 2.13)

Nos casos de abastecimento por gravidade, admitir-se-á, objetivando atingir os níveis de pressão e vazão mínimos, a instalação de bomba elétrica, em by-pass, de acionamento automático, com ligação independente da rede elétrica do edifício. A reserva mínima para o sistema de chuveiros não poderá ser menor que 50% daquela destinada ao sistema de hidrantes. As bombas serão dimensionadas para garantir, observando-se os níveis de pressão e vazão mínima, o funcionamento de 10 bicos de sprinklers por 15 minutos, nos pontos mais desfavoráveis.

O sistema de proteção por chuveiros deverá ser dotado de chaves de fluxo, objetivando o acionamento das bombas quando for o caso. As chaves de fluxo deverão ser instaladas em cada ramal ou sub-ramal, ou em cada pavimento ou zona de proteção, ligadas aos dispositivos de alarme. As edificações constantes nas normas que exigem a instalação de sprinklers estão de acordo com a tarifa de seguro de incêndio do Instituto de Resseguros do Brasil, que contém os abatimentos em função do sistema de proteção existente.

2.5.2. Dimensionamento

A área máxima a ser coberta por um bico de sprinklers e a distância máxima entre bicos, de acordo com respectivos riscos são:

Risco	Área coberta	Distância entre bicos
A	21m ²	4,5m
B	12m ²	4,5m
C	9m ²	3,5m

Os níveis de pressão e vazão mínimos exigidos para os bicos de sprinklers mais desfavoráveis são:

Diâmetro do Bico	Pressão	Vazão
½”(15mm)	0,4kgf/cm ²	52,2L/min

Deverá ser prevista a distância de um espaço livre de 1,00m abaixo e ao redor dos bicos, a fim de assegurar uma ação eficaz dos mesmos. A distância entre bicos dos sprinklers e as paredes, vigas, lajes ou pilares não poderá ser maior que a distância exigida entre os bicos em cada risco. O afastamento vertical dos bicos dos elementos estruturais(tetos e vigas) deverá ser:

- Tetos lisos – entre 2,5 e 4,5cm
- Tetos com vigas – entre 2,5 e 4,5cm
- Vigas longitudinais e transversais:
 - Nos vãos – entre 7,5 a 40 cm
 - Sob vigas – 50cm abaixo do teto.

As tubulações dos sistemas de sprinklers são compostas de linhas alinhadas, ramais e sub-ramais. Para dimensionamento dos sub-ramais pode-se adotar as tabelas 2.4, 2.5 e 2.6.

TABELA 2.4 – Riscos Leves (NFPA)

Nº de sprinklers		Diâmetro do tubo
Aço	Cobre	(polegadas)
2	1	1
3	3	1 ¼
5	5	1 ½
10	12	2
30	40	2 ½
60	65	3
100	115	3 ½
Acima de 100 (áreas < 4800m ²)		4

TABELA 2.5 – Riscos comuns (NFPA)

Nº de sprinklers		Diâmetro do tubo
Aço	Cobre	
2	2	1”
3	3	1 ¼
5	5	1 ½
10	12	2
20	25	2 ½
40	45	3
65	75	3 ½
100	115	4
160	180	5
275	300	6
400	-	

TABELA 2.6 – Riscos elevados (NFPA)

Nº de sprinklers		Diâmetro do tubo
Aço	Cobre	
1	1	1”
2	2	1 ¼
5	5	1 ½

Nº de sprinklers		
Aço	Cobre	Diâmetro do tubo
8	8	2
15	20	2 ½
27	30	3”
40	45	3 ½
55	65	4
90	100	5
150	170	6
225		8



FOTOGRAFIA 2.10 Sprinkler, prédio do CFCH, UFPE

FOTOGRAFIA 2.11 Sprinkler, Shopping Center Recife





FOTOGRAFIA 2.12 Sprinkler, prédio do CFCH, UFPE

2.6 SISTEMAS DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO

O alarme de incêndio é o sistema responsável pela informação a todos os usuários presentes em uma determinada área, da iminência da ocorrência de um incêndio ou no princípio do mesmo. Normalmente um sistema deste tipo é constituído por detectores automáticos, baseados na detecção de fumaça, chamas ou calor, por acionadores manuais, baseados na observação humana do princípio de incêndio para posterior acionamento do alarme, que enviam seus sinais para uma central de alarme. Esta central de alarme, por sua vez, envia sinais de alerta para dispositivos de sinalização audiovisuais como sirenes e luzes de emergência.

No Brasil, a norma técnica oficial que define os parâmetros dos sistemas de alarme e detecção de incêndio é a norma ABNT NBR-17.240 cuja última revisão foi publicada em 2010.

Escritórios, hotéis, hospitais, indústrias e supermercados, devem possuir uma central de alarme, que recebendo as informações de sensores distribuídos adequadamente, emita sinais sonoros e luminosos, indicando no painel onde está começando o incêndio. Ao mesmo tempo são acionados os diversos equipamentos de combate ao incêndio.

Esta Central comanda ainda o desligamento do ar condicionado e exaustão, impedindo que a fumaça seja conduzida pelos dutos para outros locais. Emite sinais de orientação ao público, orienta porteiros e zeladores e certas vezes emitem avisos ao corpo de bombeiros.

Em indústrias, refinarias, petroquímicas e plataformas marítimas é de extrema importância detectar a presença de gases e vapores capazes de causar incêndio e explosão. Para isso existem detectores altamente sensíveis.

2.6.1 Componentes

- Detectores;
- Acionadores;
- Indicadores sonoros e visuais;
- Central de Alarme;

2.6.1.1 Central de alarme de incêndio

As centrais de alarme de incêndio, quando acionadas pelas botoeiras tipo “quebra-vidro” ou pelos detectores, fornecem uma sinalização óptica e acústica indicando o local acionado, possibilitando o funcionamento de diversos sistemas de proteção e de combate a incêndio. (Ver Figura a seguir).

As centrais de alarme de incêndio devem possuir:

- **SUPRIMENTO DE ENERGIA:** Os circuitos de alarme devem ser abastecidos por duas fontes de energia de operação independentes. O suprimento é por corrente contínua com bateria apropriada, capaz de manter o sistema em funcionamento durante 30 horas.
- **BATERIA DE ACUMULADORES:** autonomia: 30h.
- **PAINEL REPETIDOR:** sinalização visual e/ou sonora informando o setor onde ocorre um princípio de incêndio.

SISTEMAS DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO

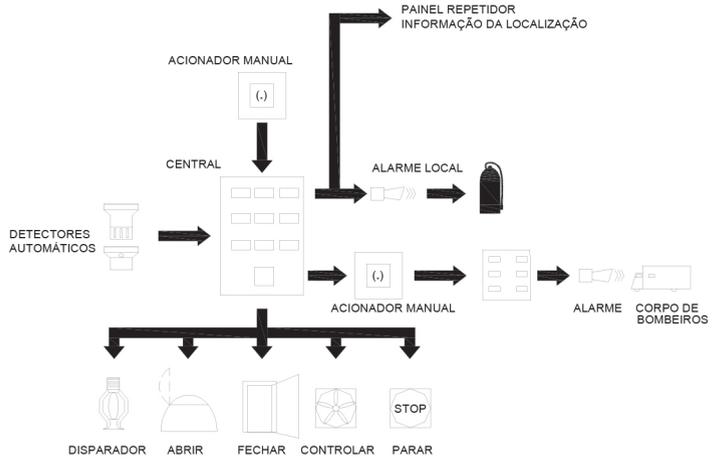


FIG 2.2 Central de alarme

FOTOGRAFIA 2.13 Central de alarme

FONTE: www.kidde.com.br



As Centrais de Alarme servem para processar os sinais transmitidos pelos detectores e acionar diversos sistemas: de alarme, de aviso, de combate automático ao incêndio, de desligamento de certos equipamentos e de ligação de bombas de combate a incêndio.

2.6.1.2 Detectores

Os detectores podem ser dos seguintes tipos:

- DETECTORES DE TEMPERATURA

Área de ação: 36m²

Tipos: Térmicos e Termovelocimétrico

- Térmicos: acionado pela ultrapassagem da temperatura ajustada; são utilizados quando as condições ambientais não permitem a utilização dos demais tipos de detectores.



FOTOGRAFIA 2.14: Detector Térmico

FONTE: <http://www.mass.com.ar/images/det1.jpg>

- Termovelocimétrico: acionado pela rapidez do aumento da temperatura (Ver Fotografia 2.15); dão alarme quando o calor produzido por um foco de incêndio atinge determinada temperatura.



FOTOGRAFIA 2.15: Detector Termovelocimétrico

FONTE: www.kidde.com.br

- DETECTORES DE FUMAÇA

Detectores de fumaça por irrigação – possibilitam a prévia determinação do fogo, muito antes das chamas se formarem, ou a temperatura torna-se muito elevada. Alta sensibilidade a fumaças visíveis ou não. Protegem áreas de 60 a 80 m² e pode ser instalados dentro de dutos de ar condicionados.

Indicado especialmente para ambientes onde num princípio de incêndio haja produção de fumaça.

Área de ação: 80m².

Princípio de funcionamento:

- Por escurecimento (fumaça preta);
- Por reflexão (fumaça clara) (Ver Fotografia 2.16)



FOTOGRAFIA 2.16 Detector de Fumaça por reflexão.

FONTE: www.kidde.com.br

- DETECTORES DE CHAMA

Instalados onde a primeira consequência seja a produção da chama, quando esta precede o surgimento de fumaça.

Tipos:

- Detector de chama tremulante: para chama de luz visível;
- Detector de ultravioleta: para detecção de energia radiante fora da faixa de visão humana (faixa baixa);
- Detector de infravermelho: para detecção de energia radiante fora da faixa de visão humana (faixa alta).



FOTOGRAFIA 2.17: Detector de Chama
FONTE: <http://www.nei.com.br/images/lg/226963.jpg>

- DETECTORES DE GASES COMBUSTÍVEIS

Serve para monitorar permanentemente a atmosfera quanto à presença de gases.



FOTOGRAFIA 2.18: Detector de gases combustíveis
FONTE: [HTTP://WWW.NEI.COM.BR/IMAGES/LG/226963.JPG](http://www.nei.com.br/images/lg/226963.jpg)

2.6.1.3 Acionador manual

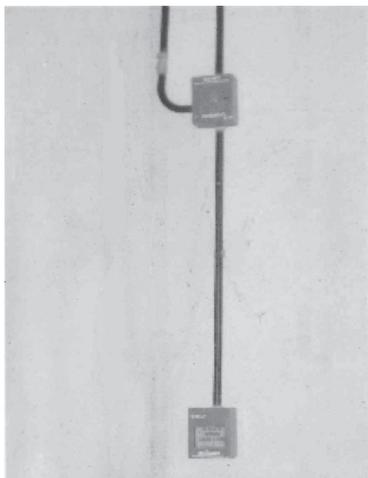
No acionador manual quando o vidro é quebrado aciona a central de incêndio (Ver Fotografia 2.19). Deve ser instalado a uma distância máxima a ser percorrida de 30m.



FOTOGRAFIA 2.19. Acionador Manual.

FONTE: www.kidde.com.br

FOTOGRAFIA 2.20. Acionador de alarme manual



2.6.1.4 Indicadores sonoros e visuais

Estes elementos de notificação são utilizados para avisar sonora e/ou visualmente que o sistema entrou em alarme. (Ver Fotografia 2.21)



FOTOGRAFIA 2.21 Indicadores sonoros e visuais.

FONTE: www.kidde.com.br

2.7 SAÍDAS DE EMERGÊNCIA EM EDIFÍCIOS

É uma proteção do tipo estrutural, incorporada às estruturas dos edifícios. Podem ser basicamente dos seguintes tipos: escadas, rampas e helipontos.

2.7.1 Norma

- NBR 9077/85
- Norma técnica de incêndio Corpo bombeiros de PE: CB – 016/96.

2.7.2 Requisitos básicos - acessibilidade

- Escoamento fácil e seguro, sem obstrução.
- Largura mínima (Ver Figura 2.3):

- Edificações em geral: 1,20m (equivalente a duas unidades de passagem).
- Hospitais e assemelhados: 2,40m.



FIG. 2.3 Largura mínima - escadas

2.7.3 Distâncias máximas a percorrer

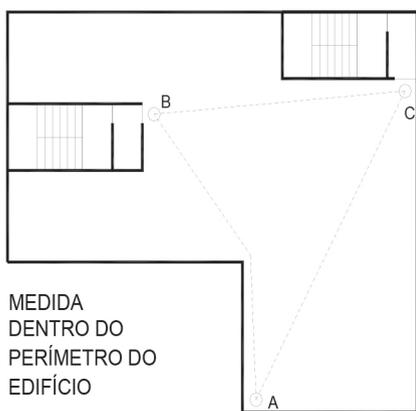


FIG. 2.4 Distâncias máximas a percorrer

Distância a ser percorrida para atingir as portas das escadas enclausuradas, ou as portas das antecâmaras das escadas a prova de fumaça ou o último degrau (degrau superior) das escadas protegidas (Ver Figura 2.4).

No caso de pavimento entre unidades autônomas (ver item 2.7.3.1), de pavimentos isolados entre si ou sem isolamento (ver item 2.7.3.2) estas distâncias são:

- Em pavimentos isolados entre si: 25m.
- Em pavimentos sem isolamento entre si: 15m.
- Em pavimentos isolados entre si e entre unidades autônomas: 35m.
- Em caso de proteção total por sprinklers: pode-se aumentar 15m. (Ver Figura 2.4)

2.7.3.1 Pavimento entre unidades autônomas

No caso de unidade autônoma do item 2.7.3 com porta externa com acesso a no mínimo duas saídas em sentidos opostos ou para duas ou mais saídas de emergências independentes: pode-se aumentar 15m. (Ver Figura 2.5)

FIG. 2.5 Pavimento entre unidades autônomas



*AF=AG=BG=BH= distância medida com aumento de 15 metros.

2.7.3.2 Pavimentos isolados entre si – condições mínimas

São as seguintes as condições mínimas para os pavimentos serem considerados isolados entre si:

- Entrepiso em concreto armado.
- Paredes externas resistentes a 2 horas de fogo.
- Ex.: parede de ½ vez - tijolo maciço.
- Detalhes apresentados nas figuras a seguir.

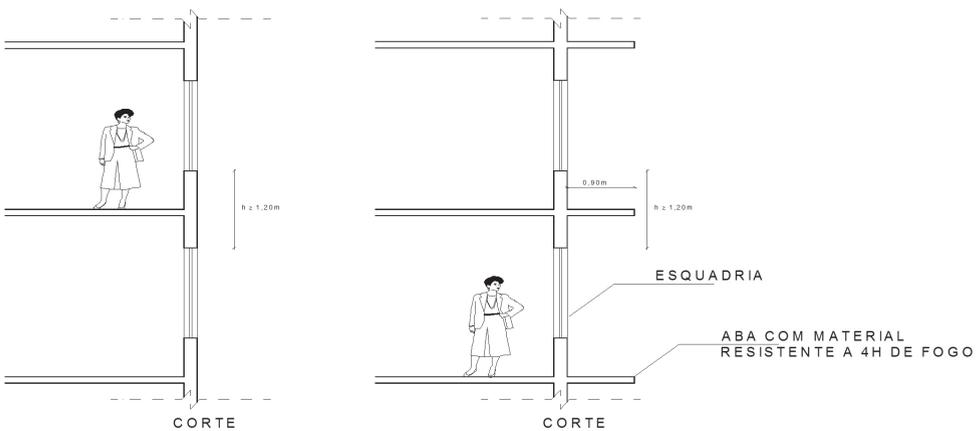


FIG. 2.6. Condições – Pavimentos Isolados entre si

2.7.3.3 Unidades autônomas isoladas entre si – condições mínimas

São as seguintes as condições mínimas das unidades de um pavimento para serem considerados autônomas:

- Separadas entre si por paredes resistentes a 4 horas de fogo.
Ex.: parede de 23cm de tijolo maciço.
- Separadas da área de uso comum por parede resistente a 2 horas de fogo.

- Dotadas de portas externas resistentes ao fogo.
- Detalhes apresentados nas figuras a seguir.

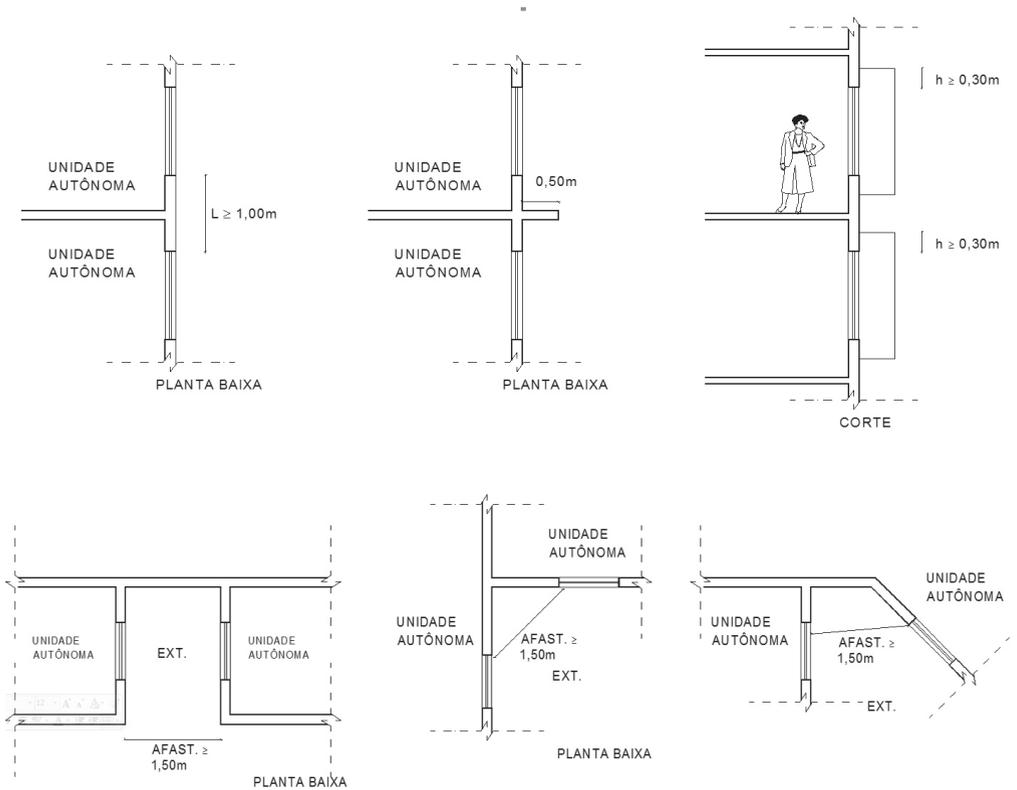


FIG. 2.7 Condições – Unidades autônomas isoladas entre si

2.7.4 Escadas

As escadas são basicamente de quatro tipos: escada comum (para a qual não há exigência indicada nas normas), escada protegida e escada à prova de fumaça.

2.7.4.1 Requisitos básicos das escadas

- Ser construída em material resistente ao fogo.
- Pisos e degraus com revestimento incombustível.
- Pisos antiderrapantes.
- Atender a todos os pavimentos, inclusive subsolo.
- Largura mínima com duas unidades de passagem $\rightarrow 60 \times 2 = 1,20\text{m}$ (exceto corrimãos que podem avançar 10cm de cada lado). (Ver Figura 2.8)
- Altura dos degraus: entre 16 e 18cm.
- Largura dos degraus: pela fórmula $\rightarrow 0,63 \leq 2h + b \leq 0,64 \text{ cm}$.
- Altura máxima de piso a piso entre patamares: 3m.
- Lance mínimo de 3 degraus.
- Comprimento do patamar quando em lance reto: $c = (2h + b)n + b$ onde n é um número inteiro (1, 2 ou 3), quando se trata de escada reta, medida na direção do trânsito.

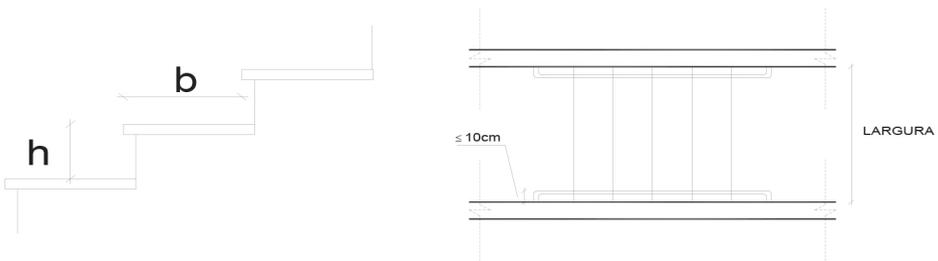


FIG. 2.8 Largura mínima- escadas

- Corrimãos conforme esquema seguinte (Ver Figura 2.9):
- Não localizar equipamentos ou usar como depósito.
- Não pode ter abertura para tubulação de lixo.
- As escadas devem terminar obrigatoriamente no piso de descarga, não podendo ter comunicação direta com outro lance da mesma prumada. (Ver Figura 2.10)

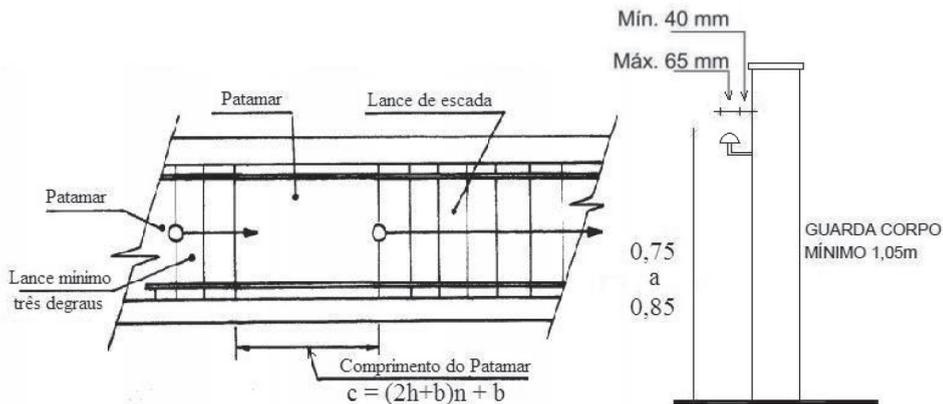


FIG. 2.9 Corrimão e patamar

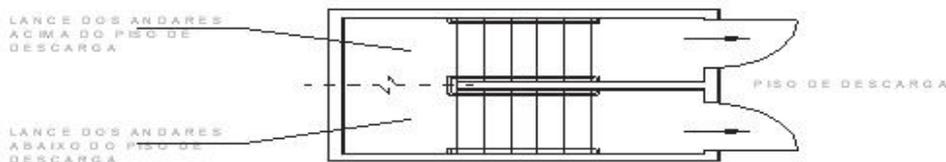


FIG. 2.10 Piso de descarga

2.7.4.2 Tipos e números de escadas

2.7.4.2.1 Escada protegida

São requisitos básicos:

- Caixa isolada por paredes resistentes ao fogo – mínimo 2 horas.
- Portas de acesso resistentes ao fogo – mínimo 30 minutos.

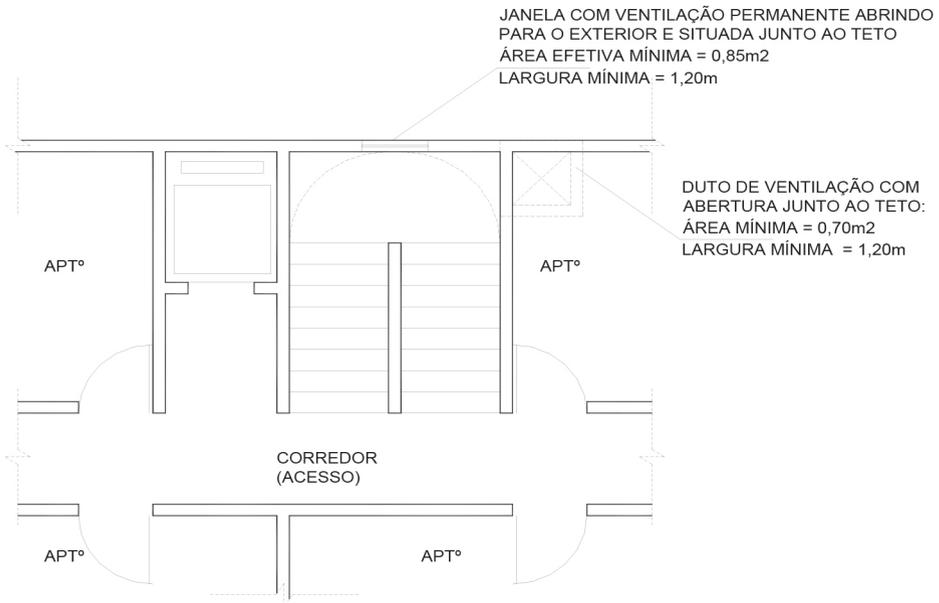


FIG. 2.11 Escada protegida

Quando não for possível a ventilação direta da escada:

- A Escada deve ser isolada dos corredores por portas resistentes ao fogo por 30 minutos.
- Acessos ventilados por dutos conforme a figura 2.11.

Admite-se a abertura de portas de unidades autônomas para o patamar ou corredor sem portas a ele ligado (Ver Figura 2.12), desde que:

- Paredes entre acessos e unidades autônomas resistentes a 2 horas de fogo e dotadas de portas resistentes ao fogo.
- Acesso dotado de janelas ou dutos conforme dimensões acima da Figura 2.11, anteriormente apresentada.

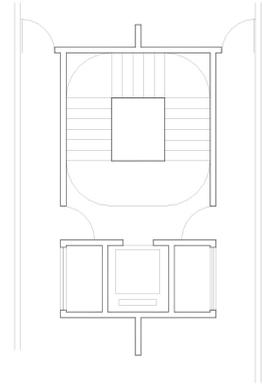


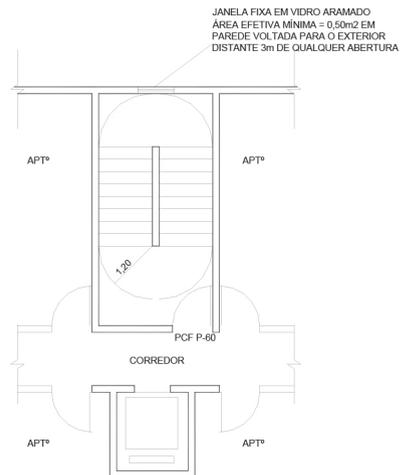
FIG. 2.12 Escada abrindo paracorredor

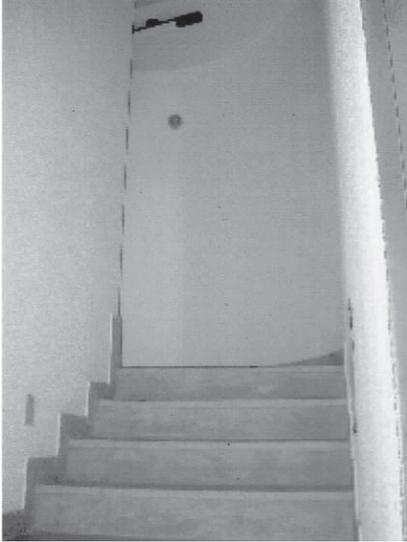
2.7.4.2.2 Escadas enclausuradas

São requisitos básicos:

- Caixa isolada por paredes resistentes ao fogo – mínimo 2 horas.
- Portas de acesso tipo corta-fogo.
- Acessos ventilados por janelas ou dutos. (Ver Figura 2.13)

FIG. 2.13 Escada enclausurada





FOTOGRAFIA 2.22 Escada enclausurada

FOTOGRAFIA 2.23 Escada enclausurada



2.7.4.2.3 Escadas à prova de fumaça

São requisitos básicos:

- Caixa envolvida por paredes resistentes ao fogo – mínimo 4 horas.
- Acesso por antecâmaras ventiladas, terraço ou balcão. (Ver Figura 2.15, 2.16 e 2.17)
- Portas entre a antecâmara e a escada tipo corta-fogo e na entrada da antecâmara.
- Janela de iluminação da escada no mesmo modelo da escada enclausulada.
- Abertura guarnecida de vidro aramado entre a antecâmara e a escada com área máxima de 1m^2 .
- Não são admitidos degraus em leque.
- Poderá ser admitido o uso de pressurização interna na caixa de escada.
- Sendo exigida mais de uma escada, a distância entre elas não deve ser menor que 10m.

- Antecâmara

- Porta corta-fogo na entrada e na saída. (Ver Figura 2.14)
- Ventilação por janela abrindo para o exterior com área mínima de $0,85\text{m}^2$ e largura mínima de 1,20m e situada junto ao teto. (Ver Figura 2.14)
- Distância horizontal máxima entre janela e PCF: 3m.

- Aberturas do duto (venezianas) - com área de $0,70\text{m}^2$ e largura mínima de 1,20m.

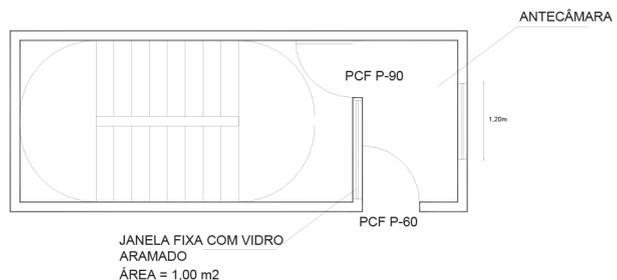


FIG. 2.14 Antecâmara

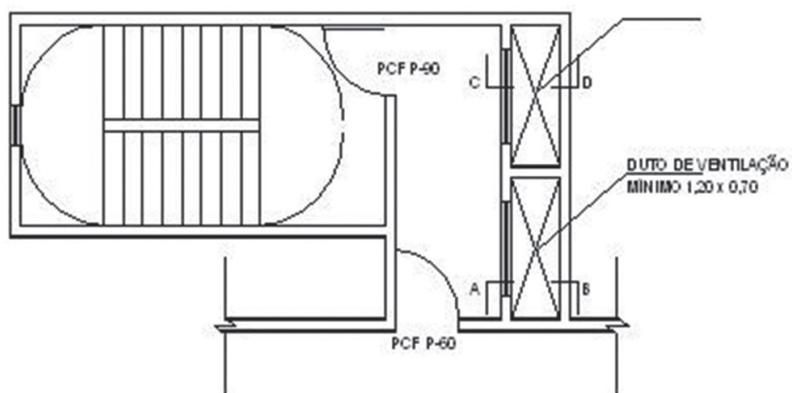


FIG. 2.15 Antecâmara com dutos de ventilação

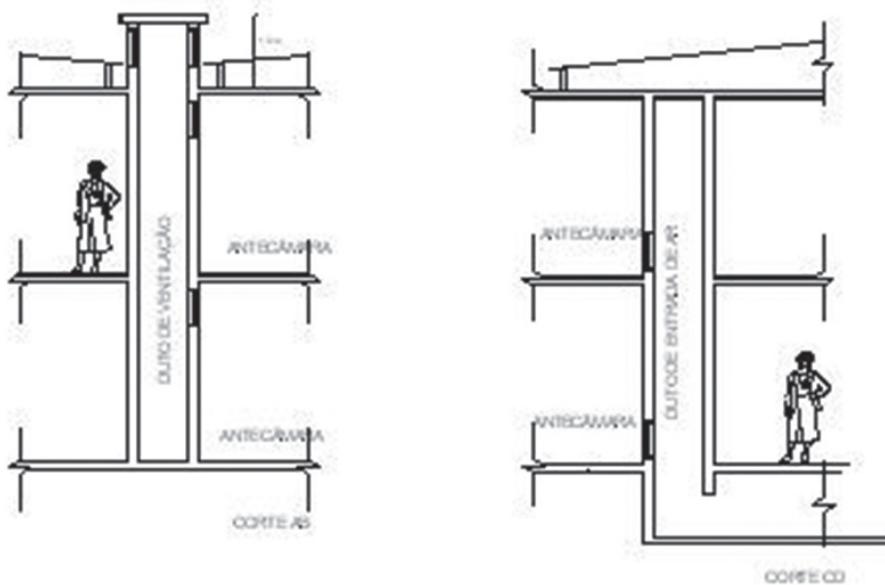


FIG. 2.16 Cortes do duto de ventilação

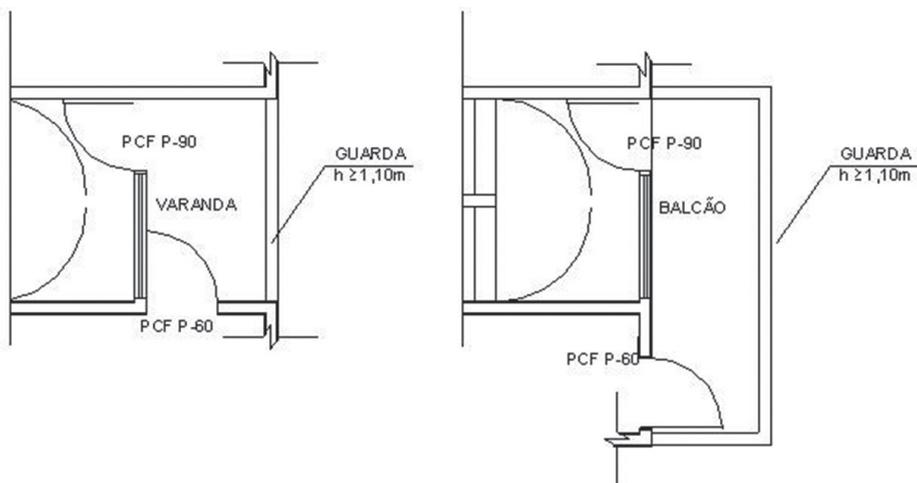


FIG. 2.17 Antecâmara com balcão - Prefeitura do Recife



FOTOGRAFIA. 2.24 Antecâmara com balcão - Prefeitura do Recife

Observação Importante:

Atualmente, tanto as Normas do Corpo de Bombeiro de Pernambuco quanto a Lei de Edificações da Prefeitura do Recife, dispõem de igual maneira sobre os tipos de escadas, suas exigências e seus requisitos básicos, pois a PCR ao editar a Lei de Edificações já cuidou para que a compatibilização fosse realizada, providência que aconteceu na segunda metade da última década do século XX. Entretanto, muitos edifícios no Recife, construídos nas décadas anteriores têm suas escadas fora das normas atuais, como pode ser visto nas fotografias 2.25 e 2.26 adiante. Nos casos de risco mais grave o Corpo de Bombeiro tem exigido reformas adaptações nestes edifícios de modo a diminuir os riscos para as pessoas que habitam ou trabalham nestes edifícios.

FOTOGRAFIA 2.25 Escada de Emergência externa - Shopping Tacaruna, colocada como requisito de segurança adicional.





FOTOGRAFIA 2.26 Escada de emergência externa - fora da norma atual

2.7.4.2.4 Escadas: Tipo e número

A definição do tipo e do número de escadas num edifício é feita de acordo com a tipologia e altura da edificação, do número de pavimentos e da área do pavimento tipo. Para tanto, as Normas do Corpo de Bombeiros apresenta uma tabela que permite este dimensionamento. A seguir apresenta-se parte da tabela do C.B. para um edifício residencial. Na figura da página seguinte é possível se compreender a diferença entre a altura do edifício em metros (que vai do nível de acesso à laje de cobertura do último pavimento, sem considerar andar duplex ou triplex no caso de apartamentos de cobertura) e a altura do edifício em números e pavimentos (que vai do nível de acesso à laje de cobertura do último pavimento) a que se refere a tabela apresentada.

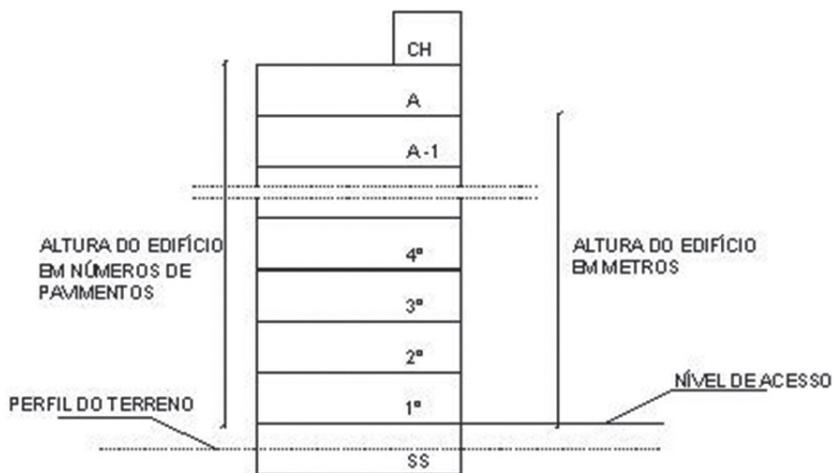


FIG. 2.18 Altura do edifício

TABELA 2.7 Número de escadas e tipos

Tipo de prédio	Alt.	Nº de pav.	Alarme	Área pav. Tipo < 750 m ²			Área pav. Tipo > 750 m ²		
				nº de escada	Tipo de escada	Área de refúgio	nº de escada	Tipo de escada	Área de refúgio
Residencial	Até 12	Até 4	-	1	I	-	2	I	-
	12 a 20	5 a 8	-	1	II	-	2	II	-
	20 a 50	9 a 18	-	1	III	-	2	III	-
	50 a 120	19 a 40	s/n	1	IV	-	2	IV	-
	+ de 120	+ de 40	s/n	2	IV	-	2	IV	-

- Tipos de Escadas:

I – Escada comum.

II – Escada protegida

III – Escada enclausurada

IV – Escada à prova de fumaça.

2.8 RAMPAS

- Guarda corpo: $h = 1,10\text{m}$ (em concreto armado).
- Hospitais, escolas etc. – largura mínima: 1,50m; declividade: 10%
- Demais edificações – largura mínima: 1,50m; declividade: 12%

FOTOGRAFIA. 2.27 Rampa de acesso - Mercado de Artesanato de João Pessoa





FOTOGRAFIA. 2.28 Rampa de acesso - Mercado de Artesanato de João Pessoa

2.9 PORTAS

2.9.1 Portas corta-fogo (* Fechadas, mas destrancadas).

- Escadas protegidas
 - Classe PRF= 30 min
- Escadas enclausuradas
 - Classe PCF = 60
- Escadas à prova de fumaça
 - Classe PCF = 60 (antecâmara)
 - Classe PCF = 90 (escada)



FOTOGRAFIA. 2.29 Porta corta-fogo com barra anti-pânico



FOTOGRAFIA. 2.30 Porta corta-fogo



FOTOGRAFIA. 2.31 Porta corta-fogo

FOTOGRAFIA. 2.32 Porta corta-fogo



2.9.2 Larguras mínimas

- 0,80m - 1 unidade de passagem;
- 1,20m - 2 unidades de passagem;
- 1,70m - 3 unidades de passagem;
- 2,20m - 4 unidades de passagem;

2.9.3 Observações gerais

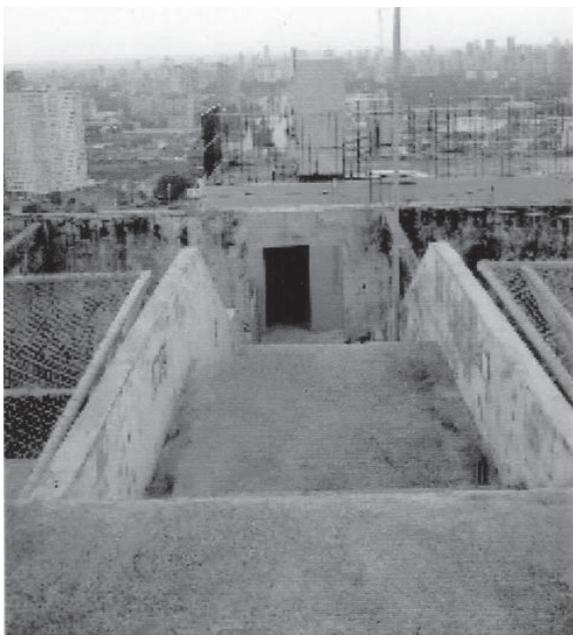
- Salas para mais de 50 pessoas: as portas devem abrir para fora.
- Salas para mais de 200 pessoas: ferragem tipo pânico (barra entre 0,90 e 1,10m).

2.10. HELIPONTOS

De acordo com as Normas do Corpo de Bombeiros do Estado de Pernambuco, exige-se a instalação de Helipontos nas seguintes situações:

- I. Acima de 40 pavimentos, para as edificações do tipo Residencial Privativa Multifamiliar;
- II. Acima de 30 pavimentos, para as demais edificações.

Os helipontos também podem ser instalados para buscar atender finalidades outras, além das específicas de proteção contra incêndios, como é o caso daqueles que são instalados para facilitar o deslocamento de executivos (exemplo da Sede do Banco ITAÚ no Recife) ou para atender requerimentos de agilidade nos serviços de saúde, tendo-se como exemplos os que são instalados em hospitais.



FOTOGRAFIA 2.33 Acesso heliponto - Prefeitura Recife

FOTOGRAFIA 2.34 Vista heliponto - Prefeitura Recife





FOTOGRAFIA 2.35 Tela de proteção heliponto - Prefeitura Recife

FOTOGRAFIA 2.36 Vista heliponto - Prefeitura Recife





FOTOGRAFIA 2.37 Heliponto externo em Hospital – João Pessoa

FOTOGRAFIA 2.38 Heliponto



03

Ar-condicionado

3.1. CLIMATIZAÇÃO DE AMBIENTES FECHADOS

O processo de climatização de ambientes fechados surgiu a partir da necessidade de controle da temperatura de processos industriais no ano de 1902, através do engenheiro americano Willis Carrier, passando posteriormente a ser utilizado também como meio de possibilitar o conforto ambiental.

A climatização de um ambiente tem por finalidade não apenas o controle da temperatura do ar interior, mas também o controle das demais variáveis do ar de um determinado recinto como a sua umidade relativa, intensidade e dinâmica de movimento, pressão e pureza através de processos específicos de filtragem, de forma a possibilitar condições constantes ambientais.

3.2 NORMAS

As instalações de ar condicionado são baseadas na Norma Brasileira NBR-16401 (Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários) de 2008, que é dividida em três partes, Parte 1 - Projetos das Instalações, Parte 2 - Parâmetros de Conforto Térmico e Parte 3 – Qualidade do Ar Interior, que determina os critérios a serem adotados na elaboração de projetos e especificações, mas que não se aplica a pequenos sistemas unitários isolados com capacidades nominais totais inferiores a 10 KW.

Além da NBR-16401 será adotada também nessa publicação, a Norma Brasileira NBR 6675 - Instalação de Condicionadores de Ar de Uso Doméstico (tipo monobloco ou modular) de 1993, que fixa as condições exigíveis na execução de instalação de aparelhos condicionadores de ar de uso doméstico, do tipo monobloco ou modular, de forma a garantir sua segurança e seu bom funcionamento.

3.3 CONCEITOS BÁSICOS

- **AR CONDICIONADO** – É aquele que através de aparelhos condicionadores de ar e equipamentos auxiliares, é submetido a determinadas condições que permitam o controle de sua temperatura, umidade, pureza, pressão, bem como movimentação dentro de um determinado ambiente.
- **REFRIGERAR UM AMBIENTE** – Consiste basicamente em retirar calor de um determinado ambiente, transferindo-o para outro. O calor não é criado ou destruído, mas apenas transferido.
- **CARGA TÉRMICA** – É a quantidade de calor que deverá ser removida ou introduzida em determinado ambiente, tendo-se como objetivo impor determinadas condições térmicas para esse mesmo ambiente.
- **CALORIA** – É a quantidade de calor que, fornecida para um grama de água, eleva sua temperatura em 1°C.
- Para aumentar 1g de água de 0° C para 100°C → 100 calorias
- Para aumentar 10g de água de 0°C para 100°C → 1000 calorias
- **CALOR SENSÍVEL** - É a quantidade de calor que deve ser removido ou introduzido num ambiente, em função da diferença de temperatura do interior em relação ao exterior, de forma a propiciar determinadas condições de conforto. O calor sensível é o que podemos medir com um termômetro e também sentir.
- **CALOR LATENTE** – Não é possível senti-lo nem medi-lo com um termômetro. É a quantidade de calor que se retira ou mesmo se acrescenta a um determinado elemento, causando sua mudança de estado, sem alterar a temperatura.

- Gelo a 0° C → +80 Kcal/Kg → Água a 0° C.
(calor latente de fusão)
- Água a 0° C → +100Kcal/Kg → Água a 100°C
- Água a 100°C → +538 Kcal/Kg → Vapor a 100°C
(calor latente de vaporização)
- TEMPERATURA EFETIVA – É um índice que reproduz a sensação de calor ou frio de determinado ambiente, decorrente de sua temperatura, umidade e movimento do ar. Se dois ambientes transmitem a mesma sensação de calor ou frio, dizemos que ambos possuem a mesma temperatura efetiva.
- TEMPERATURA DE BULBO SECO – Temperatura lida em um termômetro em contato direto com o meio cuja temperatura se deseja obter.
- TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO – Temperatura lida com o bulbo do termômetro coberto por uma flanela úmida. É utilizada para determinação da quantidade de umidade do ar.

3.4 UNIDADES BÁSICAS

CAL	(caloria)
BTU	(unidade térmica britânica)
TR	(tonelada de refrigeração)
J	(joule)

$$1 \text{ TR} = 12000 \text{ BTU/h}$$

$$1 \text{ TR} = 3024 \text{ Kcal/h}$$

$$1 \text{ TR} = 12670 \text{ KJ/h}$$

3.5 APLICAÇÕES GERAIS DO AR CONDICIONADO

- Para conforto humano. Em ambientes de trabalho, aumenta a produtividade de 6 a 10%, segundo cálculos estatísticos na Alemanha.

- Em processos industriais que exijam controle de temperatura, umidade e pureza do ar: Indústrias alimentícias; Indústrias têxteis; Indústrias farmacêuticas, etc.
- Em locais de operação de determinados equipamentos: Centro de Processamento de Dados - CPD; Laboratórios, etc.

3.6 CONFORTO AMBIENTAL

3.6.1 Fatores de escolha da temperatura efetiva para um recinto

- TIPO DE ATIVIDADE DOS USUÁRIOS:
 - Maior atividade física → maior metabolismo → menor temperatura efetiva
- SEXO DOS USUÁRIOS:
 - Sexo masculino → maior metabolismo → menor temperatura efetiva
 - Sexo feminino → menor metabolismo → maior temperatura efetiva.
- IDADE DOS USUÁRIOS
 - Maior idade → menor temperatura efetiva
- PERÍODO DO ANO
 - Verão → maior temperatura efetiva
 - Inverno → menor temperatura efetiva
- PERÍODO DE PERMANÊNCIA DO USUÁRIO
 - Menor permanência → menor diferença de temperatura entre o interior e o exterior, para evitar o choque térmico.
- AMBIENTES FECHADOS E COM ALTA DENSIDADE DE USUÁRIOS
 - Maior calor trocado entre as pessoas por radiação → menor temperatura efetiva

A Norma Brasileira NBR 16401 utiliza parâmetros de conforto baseados nas zonas de conforto estipuladas pela ASHRAE para pessoas utilizando roupas típicas da estação e exercendo atividades leves ou sedentárias.

(ver tabela 3.1)

TABELA 3.1 Parâmetros ambientais de conforto térmico

	Temperatura operativa	Umidade relativa
	22,5 °C a 25,5 °C	65%
VERÃO (roupa típica)	23,0 °C a 26,0 °C	35%
	21,0 °C a 23,5 °C	60%
INVERNO (roupa típica)	21,5 °C a 24,0 °C	30%

3.6.2 Condições de conforto ambiental

- Diferença máxima de temperatura entre dois pontos do recinto a 1.50m de altura → 2° C.
- Velocidade média do ar na zona de ocupação → entre 0,20m/s a 0,25m/s (verão com roupa típica) e entre 0,15m/s a a,20m/s (inverno com roupa típica).
- Qualidade do ar introduzido no recinto → filtrado e parcialmente renovado.
- Níveis de ruído dentro dos padrões recomendados pela norma NBR 10152.

3.7 CICLO DE REFRIGERAÇÃO

Antes de entrar no estudo dos diversos tipos de centrais de ar condicionado, é importante compreender como se processa o resfriamento do ar através dos aparelhos de ar-condicionado, no sistema de refrigeração a ser focado nessa publicação.

Na da página seguinte tem-se um diagrama do CICLO DE REFRIGERAÇÃO a compressão de vapor. Este diagrama fisicamente poderia ser imaginado como sendo composto por um tubo em cobre associado a um compressor e a uma válvula de expansão, todos constituindo um sistema hermeticamente fechado, onde seria introduzido um fluido refrigerante como o freon 22¹, normalmente utilizado em sistema de compressão a vapor.

¹ O gás freon 22 foi o fluido refrigerante originalmente utilizado nos aparelhos de ar-condicionado. No

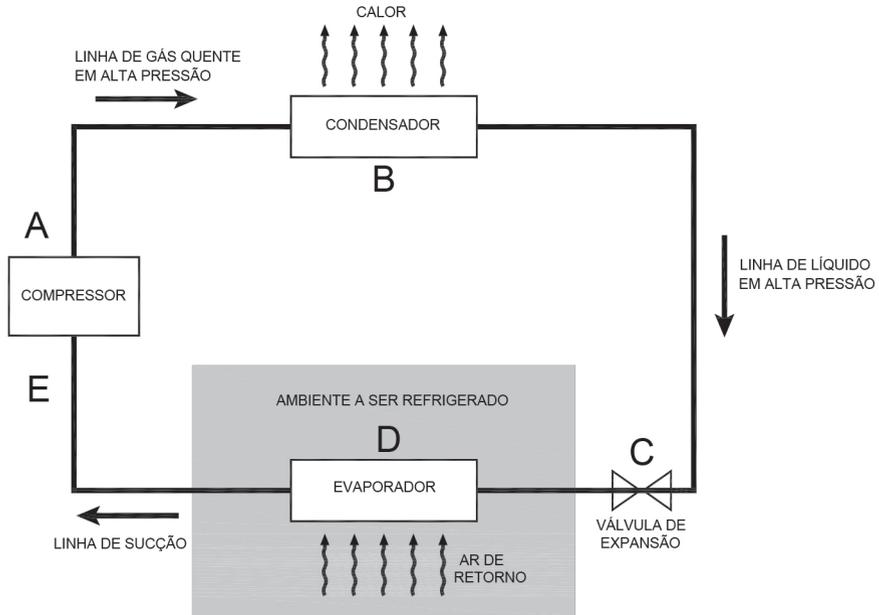


FIG. 3.1 Ciclo de Refrigeração

No ciclo de refrigeração o compressor aspira o refrigerante sob forma de vapor e o comprime conseqüentemente aumentando a pressão e temperatura decorrente da concentração de suas unidades de calor. (A)

Ao passar na serpentina que forma o condensador, o gás refrigerante em alta pressão e superaquecido (B) é resfriado (perde calor) através de um ventilador, forçando o ar diretamente sobre o condensador ou através de água em circulação em contato com a serpentina. Como o calor sempre flui para o lado frio, o gás refrigerante transfere o seu calor para o meio circundante, diminuindo sua temperatura e se condensa transformando-se em líquido.

Brasil este fluido foi utilizado até recentemente. Mas, por atacar a camada de ozônio, este gás vem sendo substituído em cumprimento aos acordos ambientais subscritos pelo país na ONU.

Cada substância tem um calor latente diferente para mudança de estado (evaporação ou condensação), e, no caso do freon-22 são necessárias aproximadamente 52 calorias por grama em 21° C.

O refrigerante sob forma líquida e em alta pressão, ao passar através de uma válvula de expansão (C), sua pressão cai repentinamente causando a sua evaporação parcial e resfriamento. Ao se deslocar ao longo da serpentina do evaporador (D), esta serpentina gelada pelo gás refrigerante, em contato com o ar forçado por um ventilador (no sistema de expansão direta), troca calor com este ar que vai ser novamente reconduzido para o ambiente a ser refrigerado. Nessa troca de calor o gás refrigerante absorve calor e é novamente aspirado pelo compressor (E) e na sequência o calor absorvido no evaporador é eliminado no condensador, dando continuidade ao ciclo de refrigeração.

Na figura 3.2, abaixo, vemos o ciclo de refrigeração, aplicado no funcionamento de um aparelho de ar condicionado doméstico.

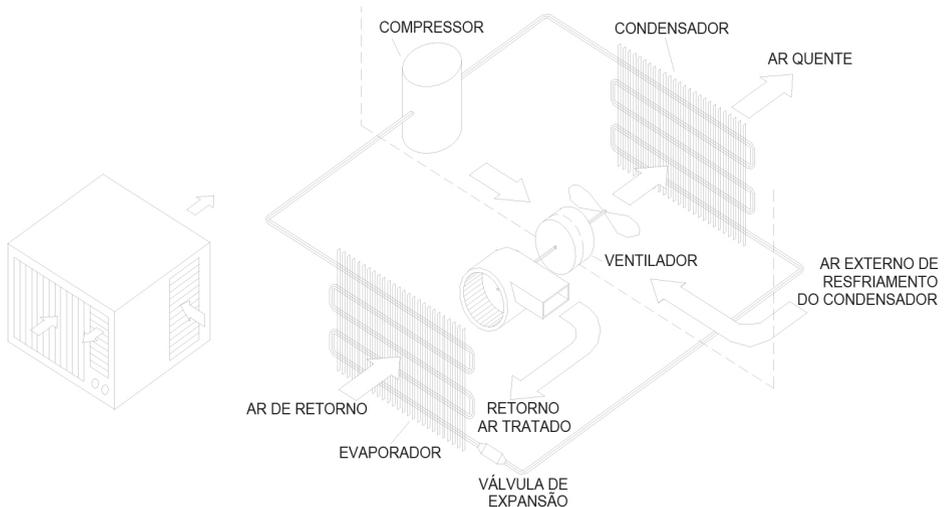


FIG 3.2 Funcionamento de aparelho de ar condicionado doméstico

É importante ressaltar que, quando se baixa a pressão sobre um líquido, baixa-se também o seu ponto de ebulição.

Alguns líquidos têm o ponto de ebulição inferior ao da água que se situa a 100°C à pressão atmosférica. Esses líquidos são utilizados em sistemas de refrigeração, como por exemplo, o freon-22, que tem o seu ponto de ebulição em torno de -40°C. (abaixo de zero).

Ao abrirmos a válvula de um cilindro contendo freon-22, automaticamente se baixaria a sua pressão, o cilindro começaria a esfriar, suar e formar gelo na sua parte inferior. O líquido (freon-22) teria o seu ponto de ebulição abaixado, ferveria, se transformando em vapor e absorvendo qualquer calor maior que -40°C, abaixo de zero.

3.8 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

3.8.1 Sistema de expansão direta

É um sistema geralmente utilizado em instalações pequenas ou médias. Nesse caso o condicionador recebe diretamente ou através de dutos de retorno o ar do ambiente a ser refrigerado, resfriando-o e devolvendo-o ao ambiente (ver figuras 3.3 e 3.4). Estão enquadrados nesses sistemas, os aparelhos de ar-condicionado do tipo de janela, os *Self Contained* e os *Split System*.

3.8.2 Sistema de expansão indireta

É um sistema que utiliza um meio intermediário, como água ou salmoura para resfriar o ar de determinado ambiente. Nesse sistema a parte onde se processa a produção do frio, o evaporador, fica inserida dentro de um recipiente contendo água ou salmoura, resfriando-a. São geralmente utilizadas em grandes instalações, nas centrais de água gelada (ver figura 3.5).

Da mesma forma que ocorre nos sistemas de expansão direta, nos sistemas de expansão indireta o resfriamento da serpentina do condensador pode ser através do ar forçado ou através de troca de calor com a água (ver figura 3.6).

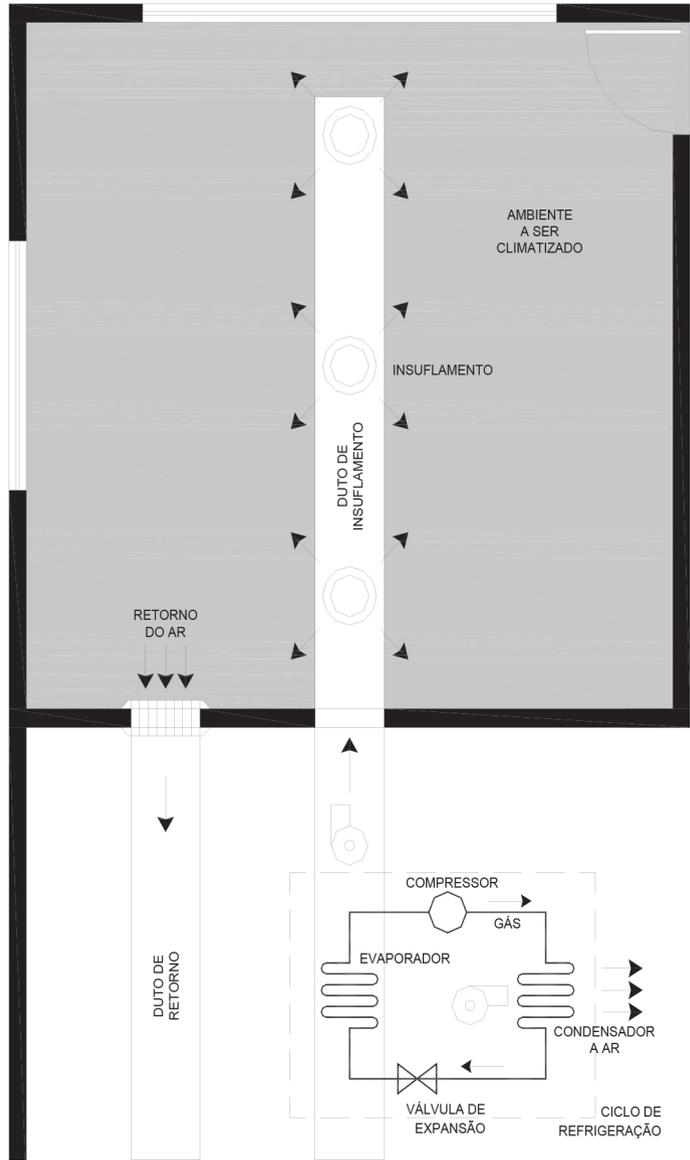


FIG 3.3 Sistema de ar condicionado de expansão direta (condensação a ar)

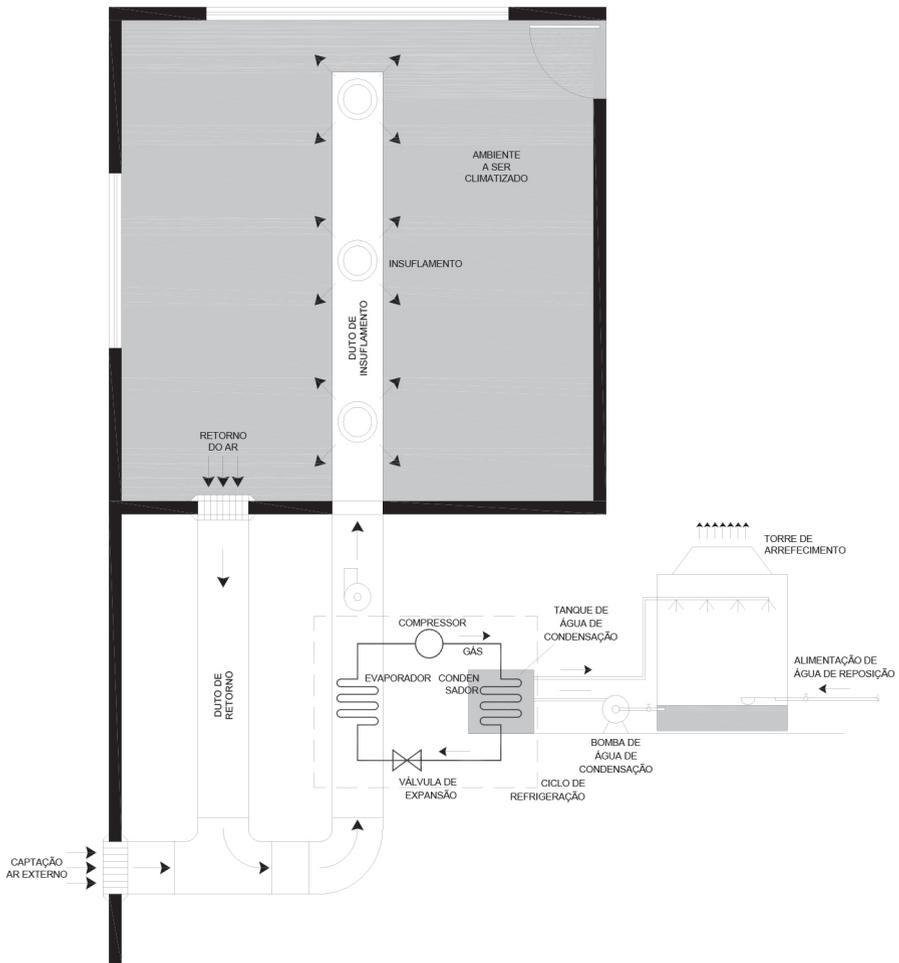


FIG 3.4 Sistema de ar condicionado de expansão direta (condensação a água)

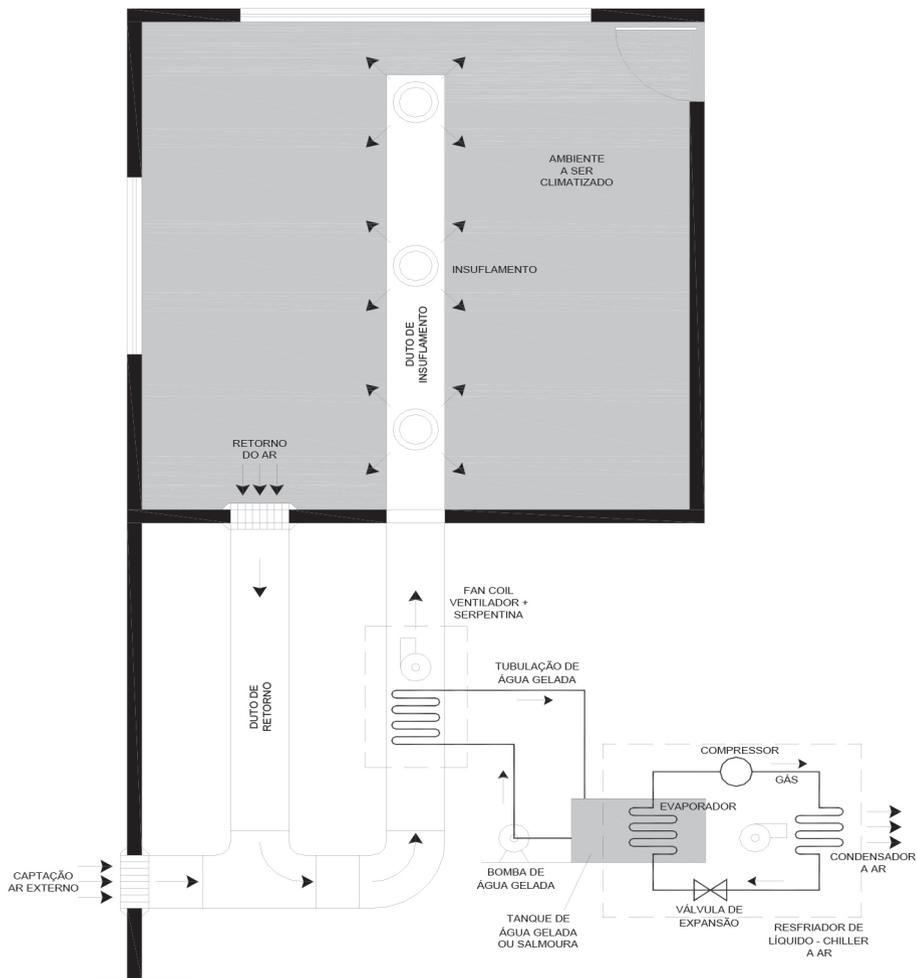


FIG 3.5 Sistema de ar condicionado de expansão indireta (água gelada condensação a ar)

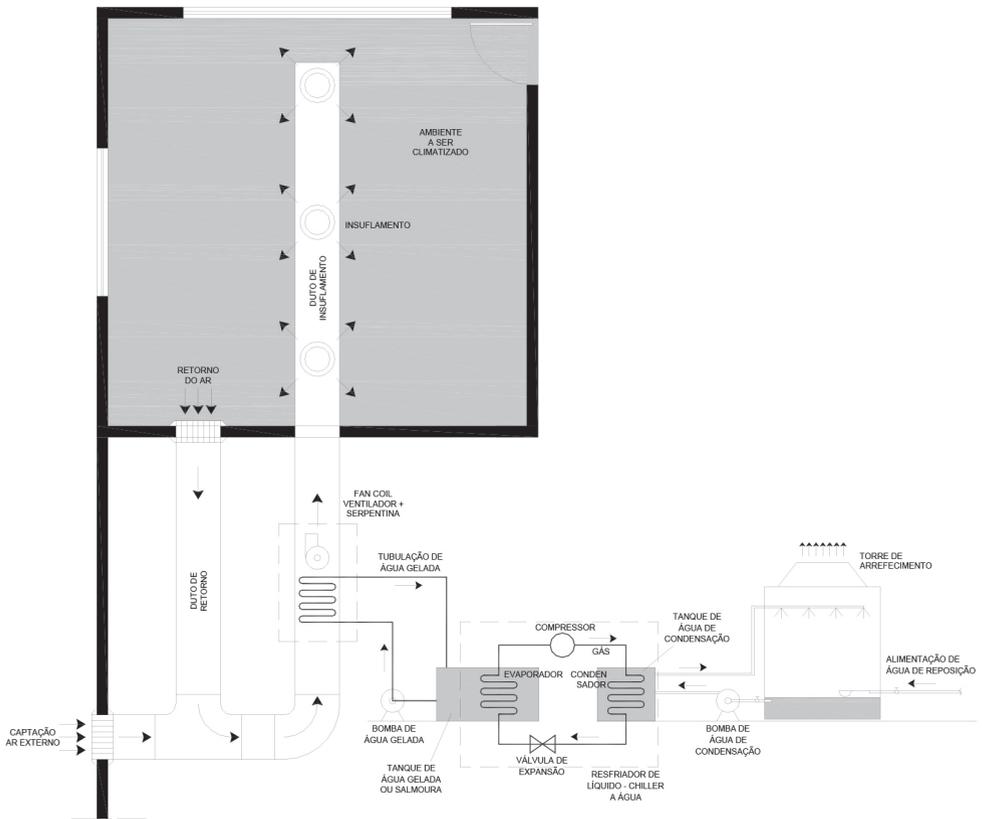


FIG 3.6 Sistema de ar condicionado de expansão indireta (água gelada - condensação a água)

3.9 TIPOS DE CONDENSAÇÃO

3.9.1 Condensação a ar

Nos sistemas de condensação a ar, o ar forçado proveniente de um ventilador, circula através da serpentina do condensador, extraindo calor do fluido refrigerante através das paredes dos tubos. Nessa troca de calor, o ar é aquecido e conduzido para o exterior se dissipando na atmosfera. Os tubos da serpen-

tina do condensador normalmente são dotados de aletas para possibilitar um maior contato com o ar circulante.

O sistema por condensação a ar é utilizado geralmente em pequenas unidades com potências até aproximadamente 15 TR. (ver figura 3.3).

3.9.2 Condensação a água

O processo de resfriamento do condensador por água é muito utilizado em instalações de grande capacidade. Os condensadores utilizados são geralmente os do tipo “SHELL AND TUBES” (carcaça cilíndrica e tubos), que são constituídos basicamente por um tubo cilíndrico fechado, contendo no seu interior diversos tubos por onde circula a água de resfriamento (ver figura 3.7). O gás refrigerante entra pela parte superior do cilindro, e em contato com as paredes dos tubos, troca calor com os mesmos resfriando e condensando, para já na parte inferior do cilindro seguir para a válvula de expansão.

O sistema por condensação a água é indicado para quaisquer potências de equipamentos.

A utilização da água diretamente da rede pública ou de instalação privada, é antieconômica, e para viabilizar o sistema, são utilizadas torres de arrefecimento.

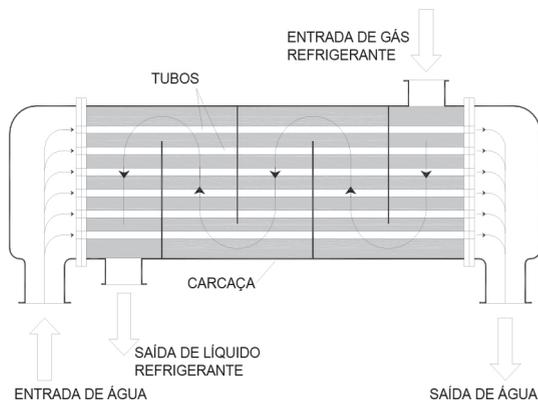


FIG 3.7 Condensador tipo “SHELL AND TUBES”

3.10 TORRES DE ARREFECIMENTO

3.10.1 Tipos de arrefecimento

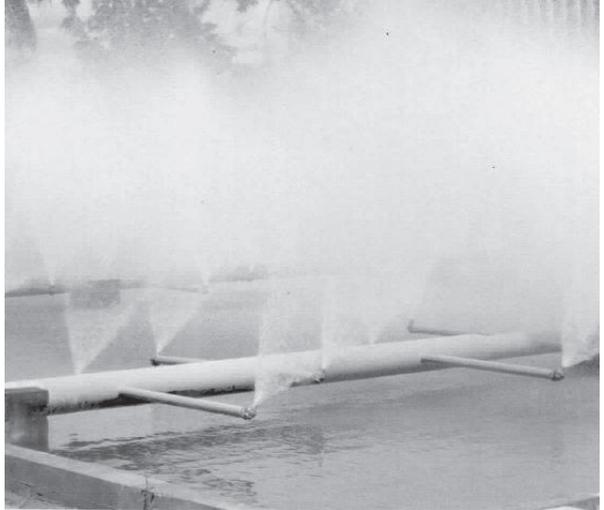
Instalações onde o resfriamento do condensador é feito através da água. É comum a utilização de água circulando em circuito fechado com o auxílio de uma TORRE DE ARREFECIMENTO (ou de resfriamento), já que a utilização de água corrente sem reutilização, é de custo muito elevado e requer grande disponibilidade de água. (ver figuras 3.8, 3.9 e 3.10)

Outra possibilidade de utilização de água em circuito fechado, é através de grandes reservatórios onde o resfriamento da água ocorre através do contato do ar atmosférico com a superfície livre da água, ou através de borrifadores em forma de fonte, como ocorre no edifício sede da SUDENE, e da CHESF (ver fotografias 3.1, 3.2 e 3.3), em Recife, muito embora as torres de arrefecimento apresentem uma maior praticidade e menor custo. Caberá ao arquiteto da obra, assessorado pelo projetista da instalação de ar condicionado, escolher a melhor solução a ser adotada.

As torres de resfriamento podem ser dos tipos: torre atmosférica, torre de corrente de ar induzido e torre de corrente de ar forçado.

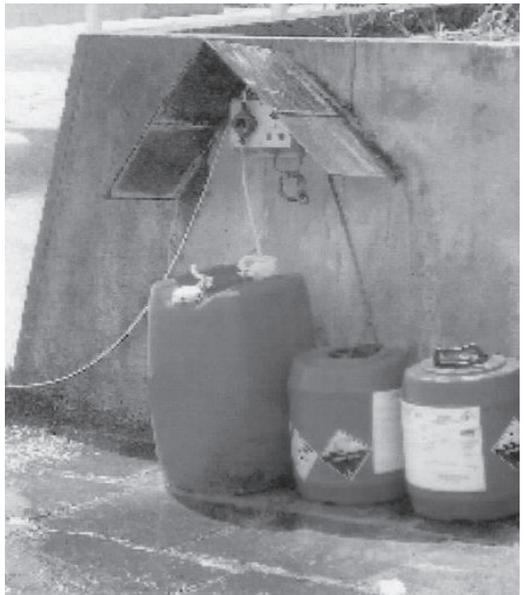
FOTOGRAFIA 3.1 Chafariz de condensação de água. Edifício Sede da CHESF





FOTOGRAFIA 3.2 Spray pond

FOTOGRAFIA 3.3 Dosador de líquido utilizado no tratamento de água para evitar ferrugem na tubulação



3.10.2 Torre atmosférica

É constituída basicamente por aspersores que borrifam a água na parte superior da torre, que cai por gravidade dentro de uma bacia (recipiente), para ser novamente utilizada no resfriamento dos condensadores. O resfriamento da água se dá através do contato das gotículas borrifadas com o ar atmosférico que circula por entre as venezianas laterais.

(ver figura 3.8)

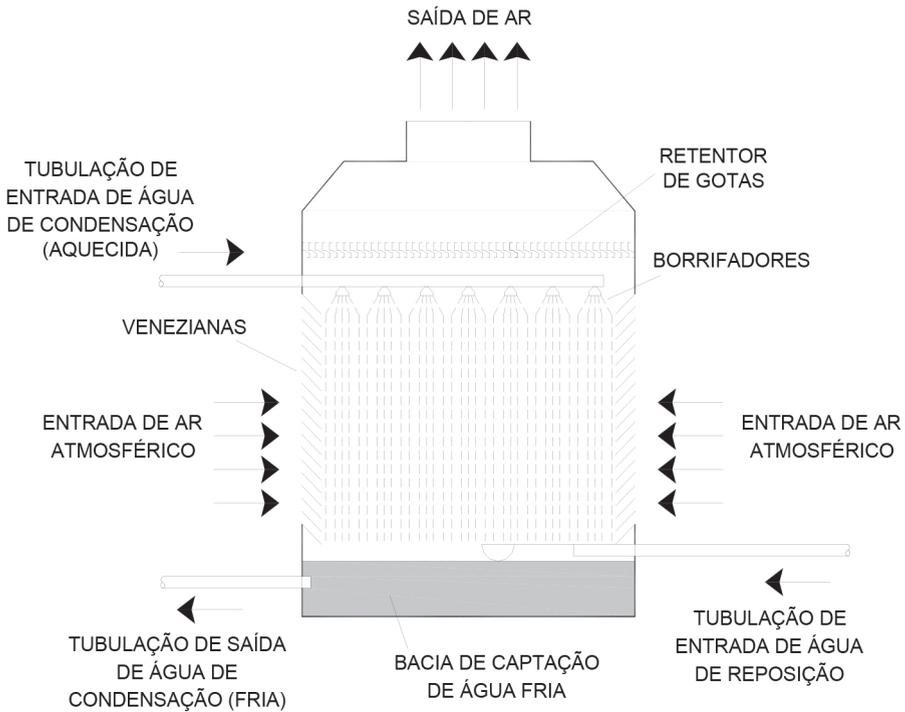


FIG 3.8 Torre de arrefecimento atmosférica

3.10.3 TORRE DE CORRENTE DE AR INDUZIDO

Da mesma forma como acontece na torre atmosférica, a água é borrifada na parte superior por aspersores dentro de uma caixa com paredes em venezianas para circulação do ar. Na parte superior acima dos borrifadores, possui um ventilador que induz a entrada do ar em sentido contrário ao das gotículas que estão caindo. Possui em seu interior um enchimento de grades e colmeias que tem a finalidade de facilitar a transferência do calor da água para o ar. Para impedir que a água chegue até o ventilador e seja jogada para fora da torre, possui o ventilador e os aspersores um separador de gotas.

Devem ser instaladas de preferência na cobertura das edificações. (ver figura 3.9)

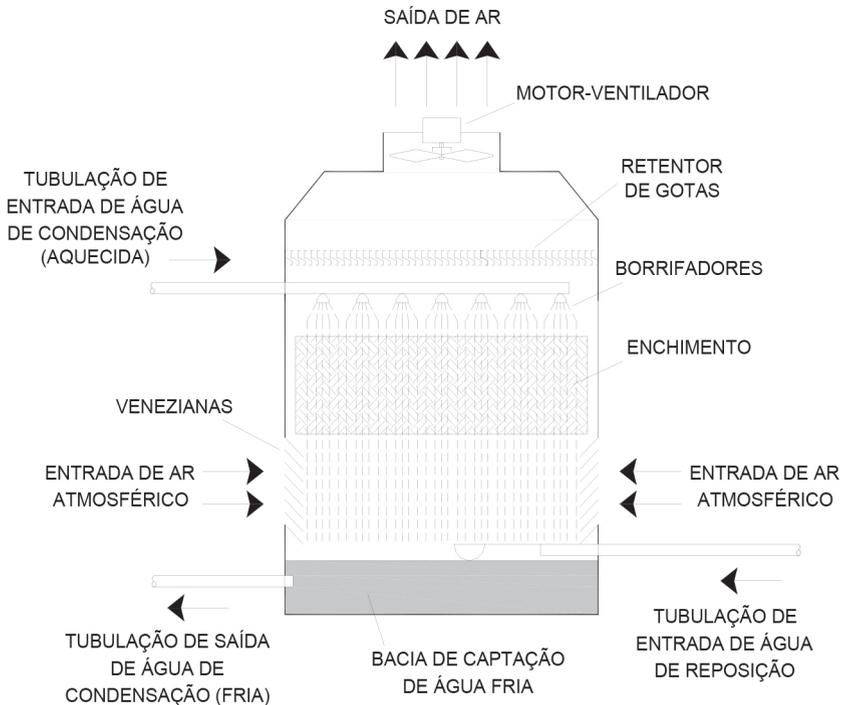


FIG 3.9 Torre de Corrente de Ar induzido

3.10.4 Torre de corrente de ar forçado

Possui a caixa com as mesmas características das anteriores, porém com um ventilador instalado lateralmente na parte inferior da mesma, que insufla o ar em sentido horizontal sobre as colmeias onde estão passando as gotículas borrifadas pelos aspersores. Assim como nos demais tipos de torres, possui bacia para acumulação da água resfriada, com seu nível controlado através de uma torneira boia interligada com a caixa d'água da edificação.

(ver figura 3.10)

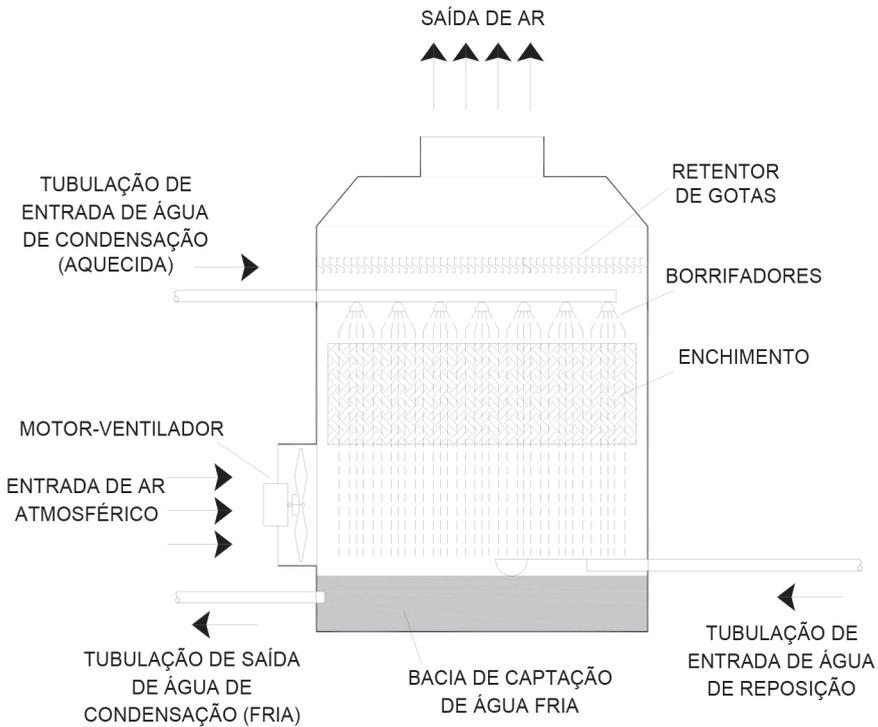


FIG 3.10 Torre de Corrente de Ar Forçado

3.10.5 Escolha do local de instalação da torre

As torres atmosféricas por não possuírem ventiladores, necessitam de grande área e devem ser instaladas na cobertura das edificações para melhor aproveitamento dos ventos dominantes, muito embora não produzam muito ruído, só o da água em queda na bacia.

As torres de corrente de ar induzido e as de corrente de ar forçado, por possuírem ventiladores, normalmente produzem muito barulho, decorrente do funcionamento do ventilador e da movimentação da água. Apesar das torres de corrente de ar forçado poderem ser instaladas em qualquer local da edificação, desde que em contato com o exterior, já que não necessitam da ajuda da ventilação natural como as outras duas, é importante observar que quando instaladas em hotéis e hospitais, por exemplo, onde é necessário o seu funcionamento também à noite, o ruído causado pode vir a ser incômodo, principalmente em áreas residenciais. Considerando esses aspectos é fundamental a escolha do local mais adequado para a sua instalação, de preferência próximo a áreas de serviço onde o silêncio não seja essencial e afastadas de locais onde o ruído possa trazer transtornos.

A escolha do tipo de torre de resfriamento é importante, tendo-se em vista que fabricantes, como a Alpina (ver fotografias 3.4 e 3.5), oferecem três tipos diferentes de modelos sendo:

- STANDARD - quando o ruído não é motivo de preocupação, como em instalações industriais.
- SILENCIOSOS - para locais onde são desligadas à noite, como por exemplo, instalações administrativas e comerciais.
- SUPER-SILENCIOSOS - para locais onde o seu funcionamento é ininterrupto, como em hospitais e hotéis, e em bairros residenciais com vizinhança próxima da torre de arrefecimento.



FOTOGRAFIA 3.4 Torre de resfriamento alpina

FOTOGRAFIA 3.5 Torre de resfriamento alpina



3.11 TIPOS DE INSTALAÇÃO

Podemos classificar os sistemas de condicionamento de ar conforme a localização ou distribuição dos equipamentos na edificação:

3.11.1 Instalações locais

Quando os condicionadores de ar são instalados junto ao ambiente a ser climatizado, como os condicionadores de ar tipo *SELF CONTAINED* com insuflamento de ar a plenum.

3.11.2 Instalações semi-centrais

Quando os condicionadores de ar são instalados em mais de um local da edificação.

3.11.3 Instalações centrais

Quando os equipamentos condicionadores de ar são instalados num ponto da edificação promovendo a climatização de vários ambientes distantes do mesmo.

3.12 TIPOS DE EQUIPAMENTOS

Podemos classificar os diversos tipos de instalações de ar condicionado conforme a carga térmica necessária para condicionar a edificação. Temos então:

3.12.1 Condicionador de ar tipo janela

São aparelhos individuais com condensação a ar, projetados para pequenos ambientes com o objetivo de proporcionar condições de conforto térmico, podendo ser instalados em janelas, paredes ou consoles.

A Springer Carrier fornece entre outros, aparelhos com as seguintes características: (Ver Tabela 3.2)

TABELA 3.2 Parâmetros de Modelo, Capacidade, Dimensões

Modelo	Capacidade		Dimensões (cm)
	(BTU/h)	(Kcal/h)	Altura x Largura x Profundidade
UXB 075	07500	1975	33,5 x 49,0 x 56,3
UXB 095	09000	2375	33,5 x 49,0 x 56,3
XCB 105	10500	2625	42,5 x 34,0 x 61,0
XCB 128	12500	3125	42,5 x 34,0 x 61,0
XCB 155	15000	3750	42,5 x 34,0 x 61,0
XCB 185	18000	4500	42,5 x 34,0 x 61,0
YCA 215	21000	5250	44,5 x 66,0 x 71,3
YCA 305	30000	7500	44,5 x 66,0 x 71,3

3.12.2 Condicionador de ar tipo *self contained*

São condicionadores de ar compactos, que incorporam em seus gabinetes todas as partes necessárias para efetuar o tratamento do ar de um determinado ambiente, tais como compressor, condensador, válvula de expansão, evaporador, circulador de ar com filtro e dispositivos de controle de segurança. (ver fotografias 3.6, 3.7 e 3.8).

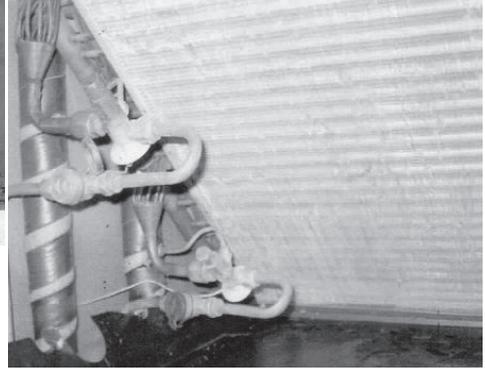
Os condicionadores de ar tipo janela, embora sendo do tipo *self contained* não são condicionadores centrais, e sim individuais.



FOTOGRAFIA 3.6 *Self Contained* com condensação a ar



FOTOGRAFIA 3.7 Condensador do *Self Contained*



FOTOGRAFIA 3.8 Serpentina do *Self Contained*

3.12.2.1 Maneiras de instalar

- Diretamente no próprio local a ser condicionado, possuindo nesse caso gabinetes com boa apresentação estética, com insuflamento de ar diretamente para o ambiente à plenum ou através de dutos.
- Instalados em casas de máquinas, nesse caso não possuindo caixa plenum, e fazendo a distribuição do ar condicionado através de redes de dutos para mais de um ambiente. (ver figuras 3.11 e 3.12, e fotografias 3.9 e 3.10)

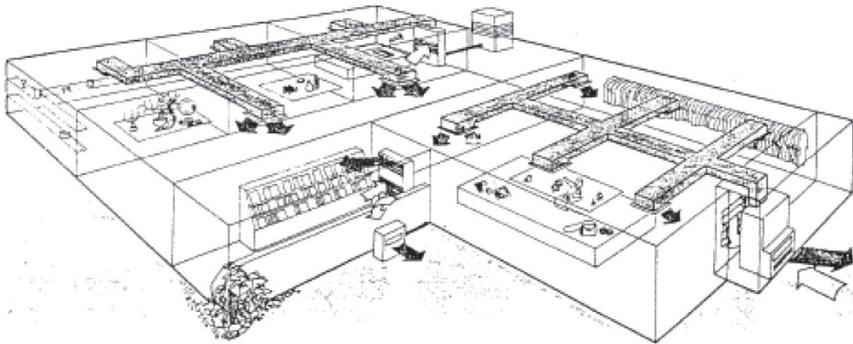


FIG 3.II Sistema de distribuição de ar através de dutos

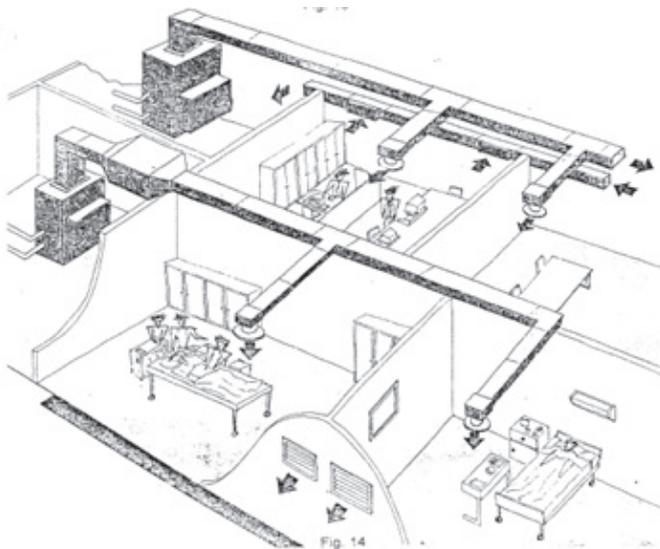
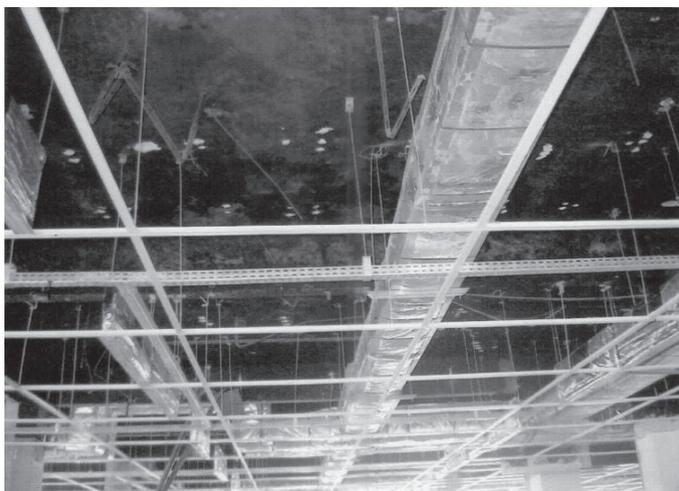


FIG. 3.12 Sistema de distribuição de ar através de dutos

FOTOGRAFIA 3.9 Rede de distribuição do ar no ambiente ainda em construção





FOTOGRAFIA 3.10 Duto que regula o fluxo de ar para que cada ambiente permaneça na temperatura ideal

3.12.2.2 Tipos de condensação

Com condensação a ar

Quando instalados diretamente dentro de um ambiente a ser condicionado, o gabinete deverá ser posicionado junto a uma parede externa da edificação, com abertura para o exterior, para propiciar a perfeita ventilação do condensador, exceto nos modelos com condensação remota. Quando instalado em casa de máquinas, o posicionamento do gabinete irá depender das condições de ventilação da casa de máquinas, muito embora para o perfeito funcionamento do equipamento é necessária uma boa troca de calor do condensador com o ar exterior. (ver figura 3.13)

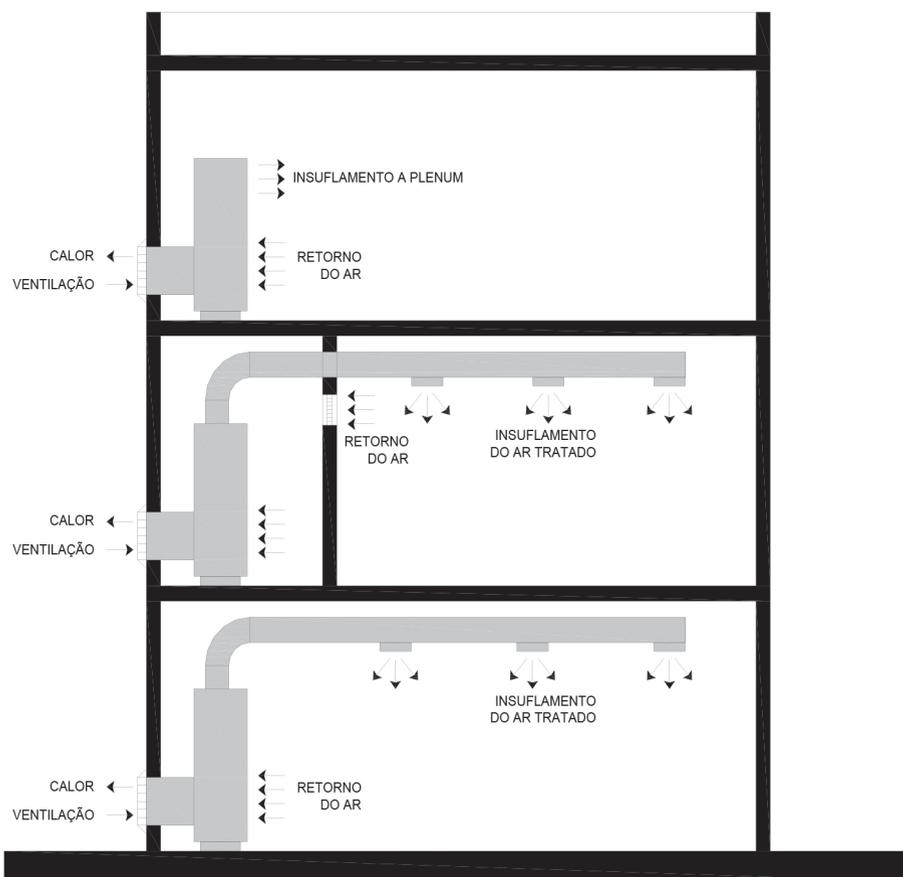


FIG. 3.13 Gabinete com localização que possibilita troca de calor com o exterior

Com condensação a água

Quando por questões arquitetônicas não é possível a ventilação forçada do condensador, diretamente na fachada da edificação, ou quando o custo de investimento e operação assim indica, é utilizado condicionadores de ar self contained com condensação a água. Para isso é necessário que haja espaço

disponível para a instalação de torres de arrefecimento e água disponível para a operação. Nesse caso o gabinete do equipamento self contained pode ser instalado no interior da edificação, tanto em casa de máquinas, como dentro do ambiente a ser condicionado, sem a necessidade de se posicionar junto a uma parede periférica da edificação. Porém, é fundamental que haja ponto de drenagem e tubulação de água ligando o condensador do equipamento à torre de arrefecimento, o qual não necessitará receber isolamento térmico, já que os aparelhos são feitos para trabalhar com a temperatura da água aproximadamente 34° C na entrada da torre e 29° C na saída. (ver figuras 3.14 e 3.15)

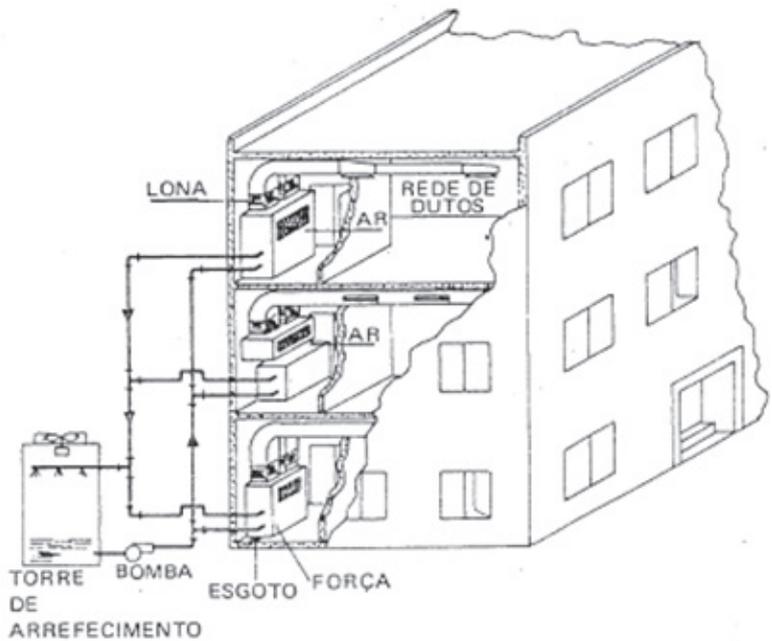


FIG. 3.14 Torre de resfriamento situada no pavimento inferior

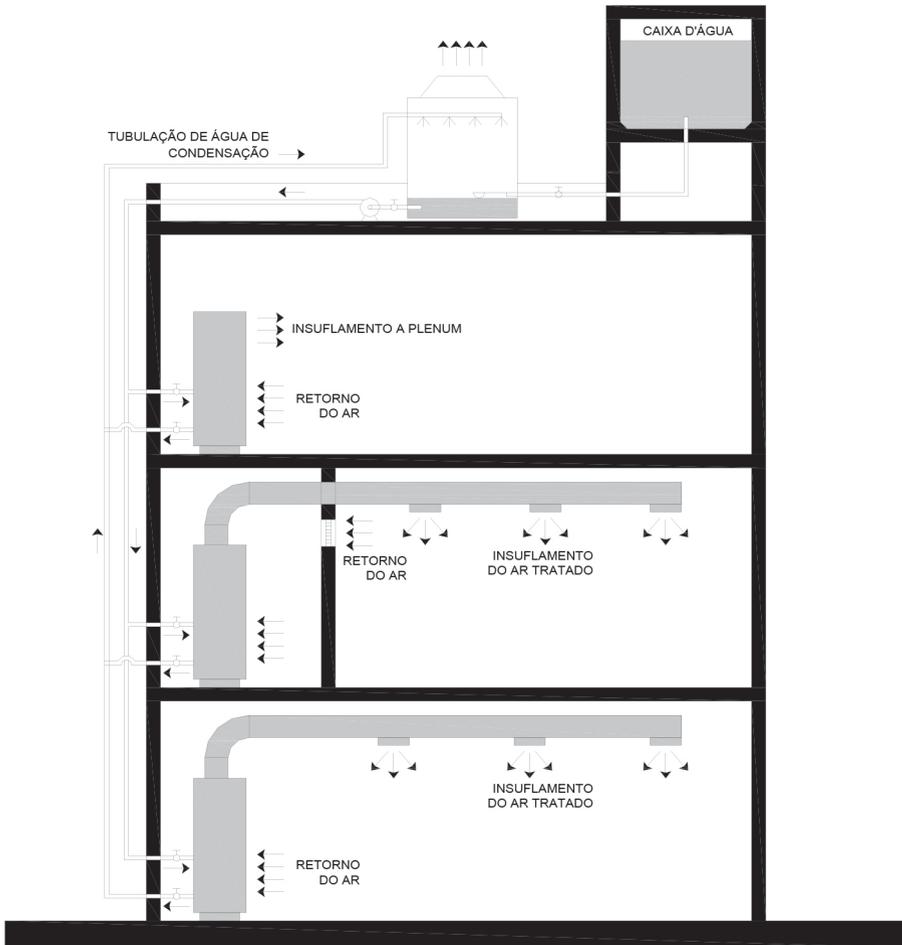


FIG. 3.15 Torre de Arrefecimento na cobertura

Conforme o fabricante podemos ter condicionadores de ar tipo self contained em diversos modelos e capacidades, sendo com condensação a ar com capacidade na faixa de 13.400 a 45.548 Kcal/h e os com condensação a água na faixa de 6.000 a 176.900 Kcal/h. Estes valores são apenas ilustrativos, já que com a continuidade de lançamentos de novos modelos estes números tendem a variar.

Além dos modelos acima citados encontram-se disponível no mercado aparelhos self contained com condensador remoto. São aparelhos constituídos por uma unidade básica contendo compressor, evaporador, circulador de ar e dispositivos de controle e proteção do equipamento, e uma unidade de condensação interligada à unidade básica, geralmente instalada em posição remota, constituída por trocador de calor de serpentinas aletadas (condensador) e ventilador.

Esses aparelhos são fornecidos com capacidade na faixa de 5.000 Kcal/h até 61.200 Kcal/h e permitem uma flexibilidade de instalação.

3.12.3 Condicionadores de ar tipo *split system*

São aparelhos condicionadores de ar projetados para atender ambientes de pequeno e médio porte. Possuem os mesmos componentes das unidades compactas self contained se diferenciando pelo fato de serem divididas em duas unidades distintas: a UNIDADE EVAPORADORA onde se encontra o evaporador, circulador de ar e filtro, que é instalada no próprio ambiente a ser condicionado, e a UNIDADE CONDENSADORA onde se encontra o condensador, compressor e ventilador de resfriamento do condensador (nas unidades com condensação a ar) que é instalada no exterior. (ver figuras 3.16 e 3.17)

FIG. 3.16 Sistema de condicionador de ar tipo Split



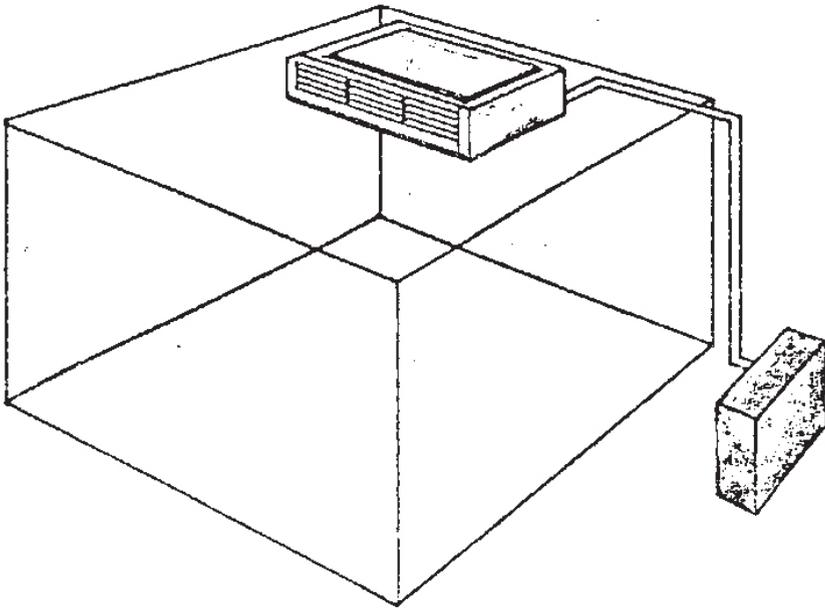
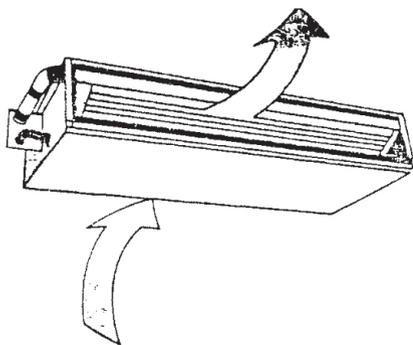


FIG. 3.17 Sistema de condicionador de ar tipo Split

As unidades condensadoras podem ser instaladas no exterior até uma distância de aproximadamente 30m da unidade evaporadora a depender do projeto de instalação e equipamento, sendo interligada apenas por dois tubos por onde circulará o refrigerante, a linha de alta e de baixa com diâmetros em torno de 1/4" a 3/4" dependendo da capacidade do aparelho.

Os condensadores de ar tipo split system têm a grande vantagem de serem super silenciosos, já que as unidades condensadoras onde estão os compressores (que são responsáveis pela maior parcela de ruído dos aparelhos) ficam instaladas na parte externa dos ambientes. São ideais para pequenos e médios ambientes onde é requerido silêncio, como salas de aula, pequenos auditórios, etc. (ver figuras 3.18 e 3.19 e fotografias 3.11, 3.12)



Instalação
vertical ou
horizontal

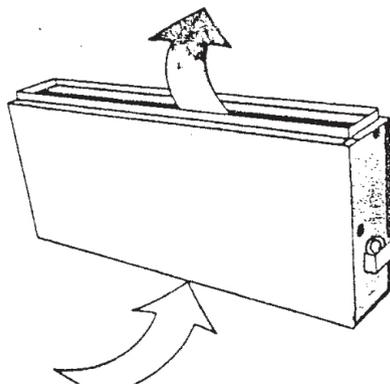


FIG. 3.18 Unidades Evaporadoras



FOTOGRAFIA 3.11 Unidade Evaporadora



FOTOGRAFIA 3.12 Unidade Condensadora

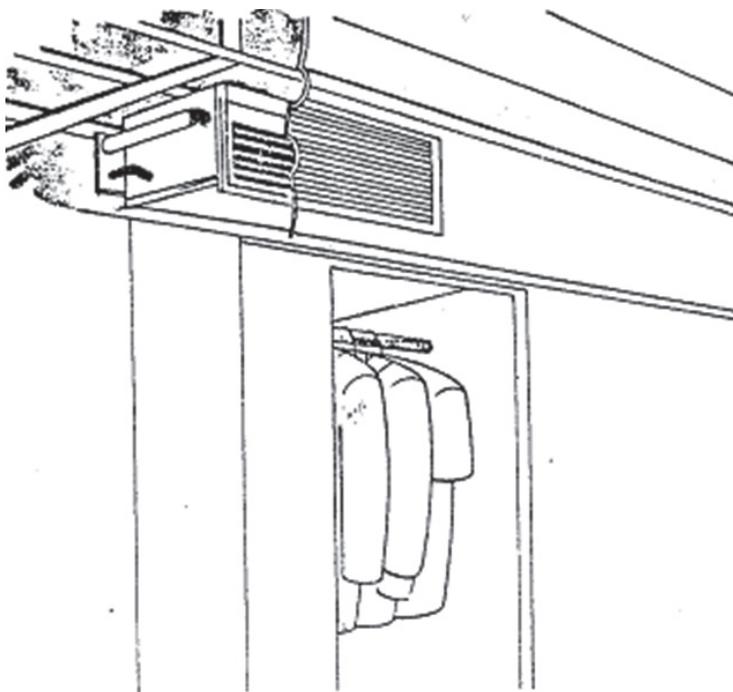


FIG. 3.19 Unidade Evaporadora instalada dentro de armário

3.12.3.1 Sistemas multi split

Nos sistemas MULTI SPLIT é possível a utilização de mais de uma unidade evaporadora sendo atendida por apenas uma única unidade condensadora (ver figuras 3.20 e 3.21). Este tipo de sistema é muito útil principalmente quando não há espaço suficiente na edificação para instalação de várias unidades condensadoras, além de permitir a utilização simultânea de modelos diferentes de unidades evaporadoras como por exemplo as de parede, de piso, do tipo cassette, inclusive com a utilização de sistemas dutados.

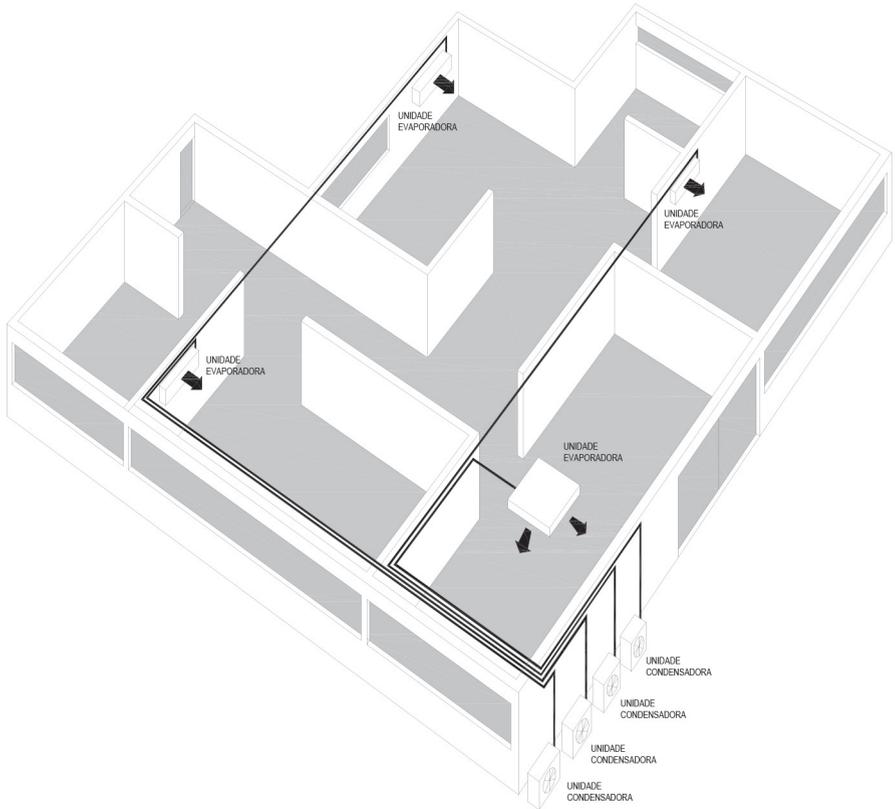


FIG. 3.20 Sistema Split com quatro unidades condensadoras

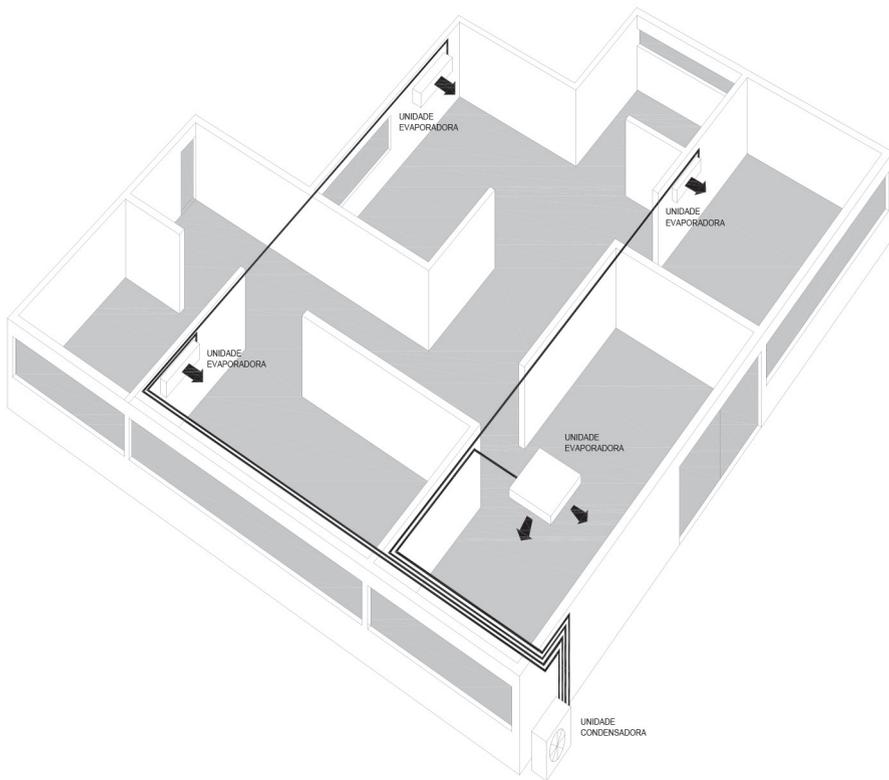


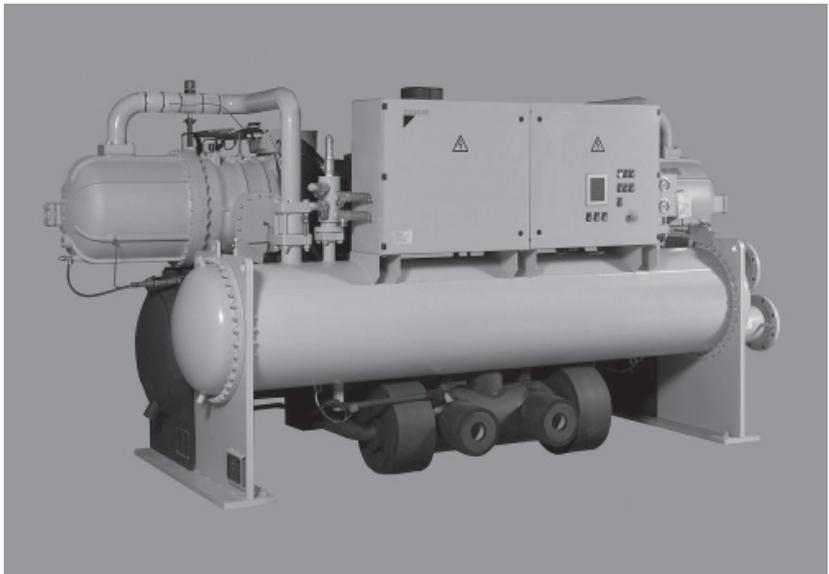
FIG. 3.21 Sistema Multi Split com uma unidade condensadora

3.12.4. Central de Água Gelada

As centrais de água gelada são geralmente utilizadas em grandes instalações e diferentemente dos sistemas de refrigeração vistos acima, utiliza a água gelada para resfriar os ambientes (sistemas de expansão indireta).

São constituídas basicamente por um ou mais refrigeradores de líquido (CHILLERS), onde se processa o ciclo de refrigeração, com instalação normalmente centralizada em uma casa de máquinas. A serpentina do evaporador fica inserida dentro de um depósito de água, onde o gás refrigerante que circula troca calor com a mesma, resfriando-a.

A água gelada no evaporador é bombeada para os FAN COILS, que podem estar localizados em qualquer ponto da edificação. Nos fan coils, a água gelada ao circular dentro de uma serpentina troca calor com o ar insuflado através dela por um ventilador, resfriando o ar do ambiente condicionado. (ver figuras 3.22 e 3.23, e fotografias 3.14, 3.15 e 3.16)



FOTOGRAFIA 3.13 Chiller

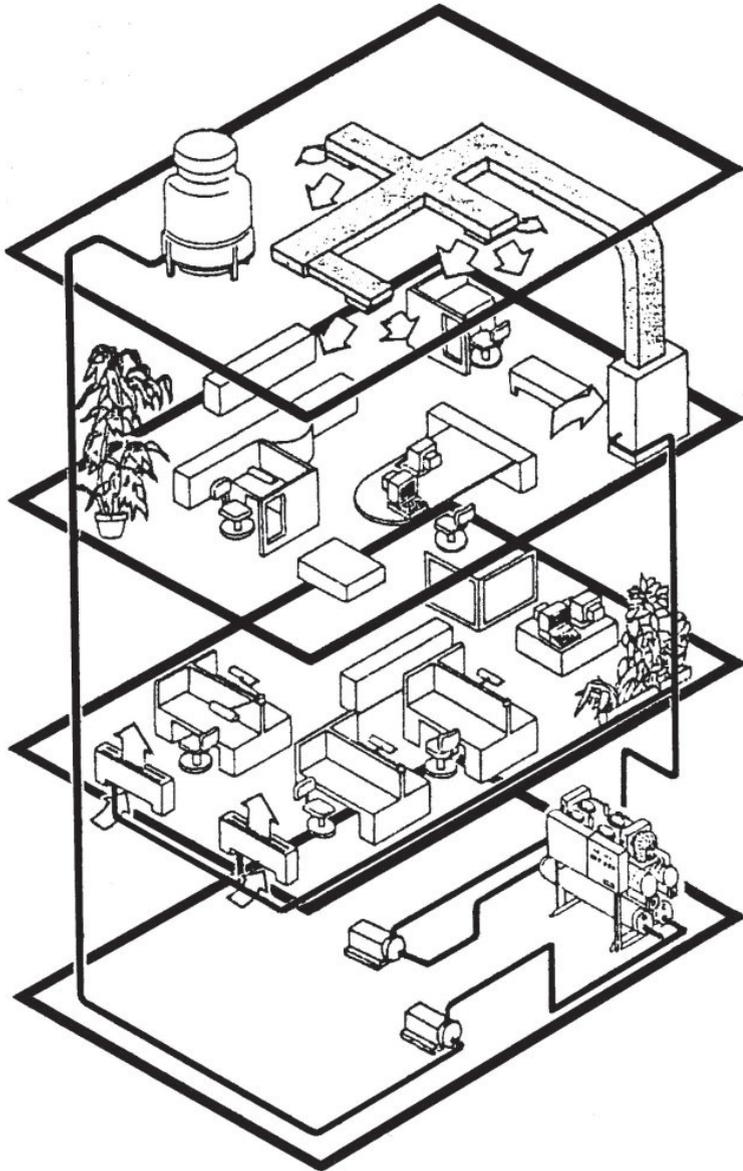


FIG. 3.22 Central de Água Gelada

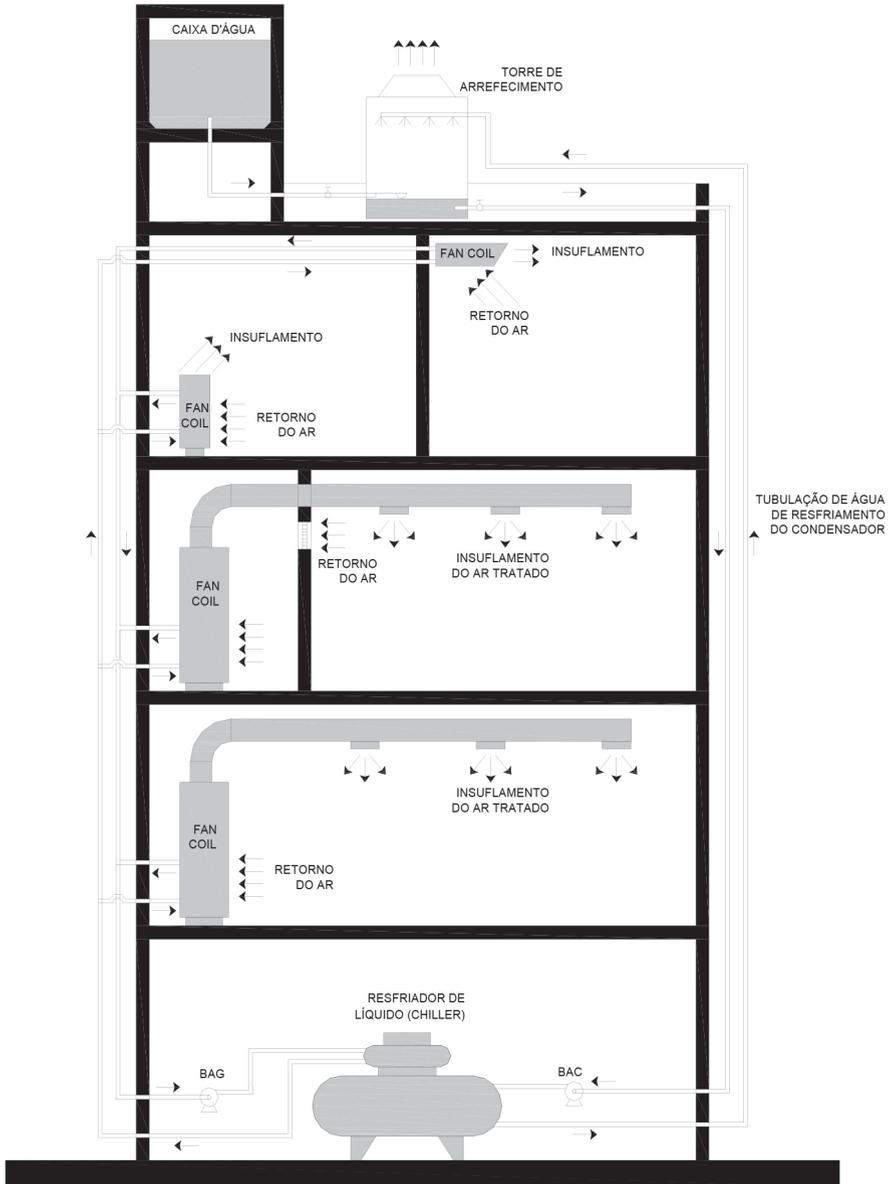
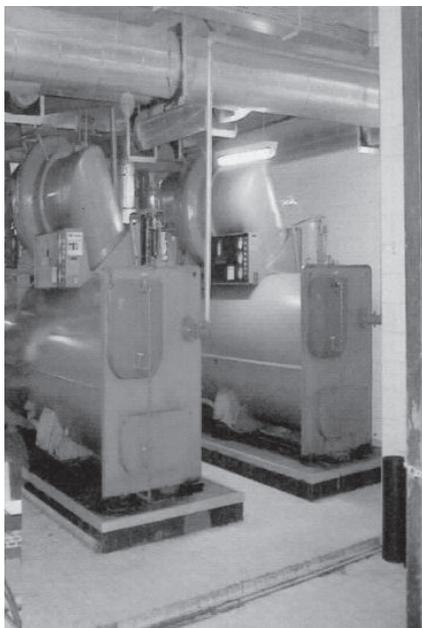
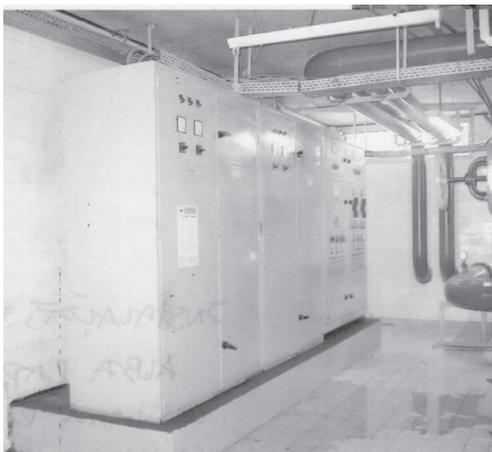


FIG. 3.23 Esquema de um Sistema de Ar Condicionado Central



FOTOGRAFIA 3.14 Chiller dotado de bomba que faz a centrifugação com condensação à água

FOTOGRAFIA 3.15 Painéis Elétricos da casa de máquinas





FOTOGRAFIA 3.16 Fan Coil de embutir

A regulagem da temperatura do ambiente é feita através de termostato que controla a vazão de água gelada que circula nos fan coils, fechando a válvula de três vias, adequando-se a variação da carga térmica. Nos fan coils que atendem pequenos ambientes, a variação da temperatura do ambiente pode ser obtida apenas pela variação da velocidade do ventilador, mantendo-se o fluxo de água gelada constante.

As tubulações de água gelada não devem ser embutidas em alvenaria, devem ser distribuídas ao longo da edificação em shafts e forros rebaixados. Devem receber isolamento térmico em lã de vidro ou outro material, com proteção mecânica em alumínio corrugado, já que a temperatura da água na alimentação dos fan coils é por volta de 7° C e a de retorno para os chillers aproximadamente 12 ° C.

As centrais de água gelada têm a grande vantagem de permitir centralizar todos os refrigeradores de líquido, responsáveis juntamente com as torres de arrefecimentos, pela maior parte do ruído provocado pelo sistema.

Os fan coils são silenciosos, podem ser desligados individualmente, podem ser instalados em qualquer ponto da edificação e permitem tanto a climatização de pequenos ambientes, como quartos de hotéis e escritórios, quanto de grandes zonas da edificação, através de fan coils maiores instalados no ambiente ou em casas de máquinas setORIZADAS, através de redes de dutos.

Os refrigeradores de líquido podem ter, conforme o modelo, o condensador resfriado a água com o auxílio de torres de arrefecimento, ou a ar. São disponíveis em pequena capacidade na faixa de 11.200 Kcal/h a 66.000Kcal/h com condensadores a ar remotos ou não, como em grandes capacidades na faixa de 118.000 Kcal/h a 696.000 Kcal/h.

3.13 FATORES DE ESCOLHA DO TIPO DE EQUIPAMENTO

- TIPO DA EDIFICAÇÃO E DIVERSIFICAÇÃO DO USO:
 - Edifícios de escritórios de uma só empresa ou de mais de uma empresa;
 - Hotéis de pequeno ou grande porte;
 - Residências, etc.

- CUSTO REQUERIDO:
 - Custo inicial de instalação;
 - Custo operacional;
 - Custo de manutenção.

- RAPIDEZ DE INSTALAÇÃO

- VARIAÇÕES NA DEMANDA DE CARGA TÉRMICA

- NÍVEL DE RUÍDO:
 - Salas de aula;
 - Auditórios;
 - Agências bancárias;
 - Áreas de recreação, etc.

- CONDICIONANTES DO PROJETO ARQUITETÔNICO:
 - Espaço disponível para casas de máquinas;
 - Espaços para redes de dutos;
 - Espaço desimpedido para fluxo do ar;

- Zoneamento na edificação;
- Pontos e canalizações de alimentação d'água;
- Pontos e canalizações de drenagem;
- Pontos de energia elétrica.

- VOLUME E DISTRIBUIÇÃO DO AR
- TEMPERATURA, UMIDADE E PUREZA DO AR

3.14 INTRODUÇÃO A CARGA TÉRMICA DO RECINTO

Como visto anteriormente, define-se como carga térmica a quantidade de calor sensível ou latente, expressa geralmente em Kcal/h, que deve ser retirada ou adicionada a um determinado ambiente, com o objetivo de manter as condições de temperatura e umidade desejadas. Nesta publicação vamos nos fixar apenas na CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO.

As fontes de calor mais significativas vêm do exterior da edificação, já que o sol é a maior fonte de calor.

O calor é introduzido em um determinado recinto a ser climatizado de várias formas, como se pode classificar abaixo:

3.14.1 Carga térmica de condução (Transmissão).

O calor exterior penetra em uma edificação procurando estabelecer um equilíbrio térmico entre o exterior e o interior, já que quanto maior for a diferença de temperatura entre ambos, maior será o fluxo de calor.

A quantidade de calor conduzida para o interior depende da área das paredes e tetos, bem como da resistência ao fluxo de calor que o material utilizado impõe, que é medido em função de um coeficiente K. Este coeficiente K determina a quantidade de calor que atravessa um metro quadrado de superfície de parede, como pode ser observado na tabela 3.3 que fornece os coeficientes globais de transmissão de calor para janelas e paredes.

TABELA 3.3 Coeficientes Globais de Transmissão de Calor
U em Kcal/h. m². °C para janelas e paredes

Elementos	U em Kcal/h . m ² ° C
Janelas	
Janelas de vidros Comuns (simples)	5,18
Janelas de vidros duplos	3,13
Janelas de vidros triplos	1,66
Paredes externas	
- Tijolos maciços (20 X 10 X 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 x 20 x 10 ou 30 x 30 x 10 cm):	
Meia vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,59
Uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,90
Paredes internas	
- Tijolos maciços (20 x 10 x 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 x 20 x 10 ou 20 x 10 x 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
Concreto externo ou pedra	
15 cm	3,81
25 cm	3,03
35 cm	2,54
50 cm	2,00
Concreto interno	
10 cm	3,17
15 cm	2,83
20 cm	2,59

OBSERVAÇÃO.: Estes coeficientes são usados para cálculos sem grandes precisões

3.14.2 Carga térmica devido a insolação

O sol geralmente é o principal responsável pela parcela de carga térmica a ser retirada de um ambiente para a sua climatização.

A temperatura de tetos e paredes decorrente da radiação direta do sol, está intimamente relacionada com os seguintes fatores:

- Localização da edificação (coordenadas geográficas)
- Tipo da construção
- Cor da superfície externa
- Rugosidade da superfície externa
- Refletância da superfície externa

3.14.2.1 Cor da superfície externa

Para se ter uma ideia da influência da cor da superfície externa tem-se na cor preta aproximadamente 94% de calor absorvido para apenas 6% de calor refletido, enquanto que para o alumínio polido essa relação é de 28% para 72% de calor refletido.

3.14.2.2 Rugosidade e refletância da superfície externa

Superfície mais brilhante, maior refletância e menos energia de radiação solar absorvida.

3.14.2.3 Orientação da edificação

A orientação e localização do edifício é muito importante na determinação da carga térmica de insolação, pois o efeito solar é considerado apenas nas paredes onde há incidência do sol.

Pode ocorrer situações onde o sol não incida em nenhuma parte do ambiente a ser climatizado, decorrente do bloqueio da radiação solar por edificações vizinhas. Nesses casos a carga térmica de insolação não é considerada.

3.14.2.4 Tipos de materiais de construção

Apesar de permitir iluminação natural dos ambientes e visão exterior, os vidros das esquadrias e claraboias, quando não protegidos, permitem que a

radiação do sol penetre no ambiente condicionado, fazendo com que o calor solar seja absorvido imediatamente. Nas paredes e tetos dependendo do material de construção utilizado, o calor solar demora mais a penetrar no ambiente climatizado, chegando a levar horas para isto ocorrer.

A utilização do vidro entre o ambiente externo e interno, em regiões de clima tropical, requer sempre uma preocupação no sentido de permitir a entrada de luz natural e a máxima diminuição da entrada do calor solar, o que não ocorre em regiões de clima frio.

Da energia solar que incide em um vidro, uma parte é refletida (q_1), uma é absorvida (q_2) e a outra atravessa diretamente o vidro (q_3). (ver figura 3.24)

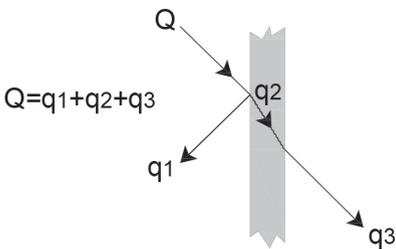


FIG. 3.24 Incidência da luz solar no vidro

Da parte absorvida (q_2) uma parcela é liberada para o exterior e a outra re-irradiada para o interior. O fator solar é a soma do percentual de calor transmitido diretamente e da parcela re-irradiada para o interior.

Os vidros com coloração uniforme de sua massa, como o cinza e o bronze, por exemplo, atuam como filtrantes de irradiação solar que atravessa o vidro (q_3), mas em contrapartida são termo absorventes retendo uma elevada percentagem de calor absorvido (q_2). Isto faz com que mesmo após o por do sol, continuem liberando calor para o interior do ambiente. Podemos observar que esta solução é mais indicada para regiões de clima frio onde se poderia adotar este recurso para aquecer os ambientes.

Os vidros que possuem a cor na superfície externa por incrustação iônica de óxidos metálicos, são termo refletores, com reflexão metálica dos raios

infravermelhos. São indicados para climas tropicais já que refletem a maior parte da radiação solar, e por serem maus absorventes, possuem fraca re-irradiação e fator solar baixo.

Apesar dos vidros termo refletores possuírem baixo fator solar, todos os vidros monolíticos, independente de cor e espessura, possuem o mesmo coeficiente de transmissão K, e com este coeficiente elevado, o frio produzido pelo sistema de condicionamento de ar tenderá a ser transmitido para o exterior. Para manter o frio no ambiente, temos como recurso, diminuir o coeficiente de transmissão K do vidro, através da utilização de vidros duplos, triplos ou quádruplos com camada de ar entre eles, totalmente isenta de umidade e sem comunicação com o ar externo. Uma camada de ar imóvel é excelente isolante térmico, e neste caso para as camadas de ar de 9 mm é possível baixar o coeficiente de transmissão $K=4,85$ dos vidros comuns monolíticos para $K = 2,70$ Kcal/m²C.

Uma excelente alternativa consiste na utilização de vidros laminados que são constituídos basicamente por duas ou mais lâminas de vidro unidas através de película de POLIVINIL BUTIRAL (PVB). O vidro laminado refletivo como o cinza de 10 mm da Blindex, deixa passar apenas 37% da energia solar incidente, filtrando até 99,6% dos raios ultravioleta, decorrente da presença do Polivinil Butiral (ver figura 3.25).

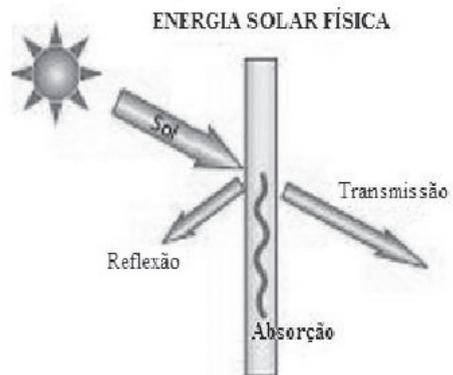


FIG. 3.25 Incidência da luz solar no vidro laminado refletivo

3.14.3 Carga térmica devido aos dutos

O ar de retorno que é conduzido através de dutos ou mesmo sob a forma de PLENUM, ganha calor entre o ambiente condicionado e o aparelho condicionador.

3.14.4 Carga térmica devido as pessoas

Todas as pessoas emitem calor e a quantidade de calor emitido dependerá de diversos fatores, como o tipo de atividade das pessoas (repouso, atividade intensa), idade, sexo.

No cálculo da carga térmica é fundamental o conhecimento do número e características dos usuários do ambiente a ser climatizado, bem como do tipo de atividade que irão desenvolver no local.

Para determinação do número de pessoas que deverá ocupar um determinado recinto quando este número não é conhecido poderemos utilizar como referência os valores indicados na tabela 3.4.

TABELA 3.4 Valores recomendados para ocupação dos recintos

Local	Metro quadrado/pessoas
Dormitório	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

Conforme o tipo de atividade das pessoas no recinto condicionado podemos utilizar os valores médios de carga térmica em função da atividade desenvolvida. (ver tabela 3.5)

TABELA 3.5 Taxas típicas de calor liberado por pessoas (de acordo com a ABNT NBR 16401-1/2008).

Nível de atividade	Local	Calor total (W)		Calor Sensível (W)	Calor Latente (W)	% Radiante do calor sensível	
		Homem adulto	Ajustado M/F ^a			Baixa velocidade do ar	Alta velocidade do ar
Sentado no teatro	Teatro Matinê	115	95	65	30		
Sentado no teatro, noite	Teatro noite	115	105	70	35	60	27
Sentado, trabalho leve	Escritórios, hotéis, apartamentos	130	115	70	45		
Atividade moderada em trabalhos de escritório	Escritórios, hotéis, apartamentos	140	130	75	55		
Parado em pé, trabalho moderado; caminhando	Loja de varejo ou de departamentos	160	130	75	55	58	38
Caminhando, parado em pé	Farmácia, agência bancária	160	145	75	70		
Trabalho sedentário	Restaurante ^b	145	160	80	80		
Trabalho leve em bancada	Fábrica	235	220	80	140		
Dançando moderadamente	Salão de baile	265	250	90	160	49	35
Caminhando 4,8 km/h; trabalho leve em máquina operatriz	Fábrica	295	295	110	185		
Jogando boliche ^c	Boliche	440	425	170	255		
Trabalho pesado	Fábrica	440	425	170	255	54	19

Nível de atividade	Local	Calor total (W)		Calor Sensível (W)	Calor Latente (W)	% Radiante do calor sensível
		Homem adulto	Ajustado M/F ^a			Baixa ve-locidade do ar
Trabalho pesado em máquina operatriz; carregando carga	Fábrica	470	470	185	285	
Praticando esportes	Ginásio, academia	585	525	210	315	

NOTA 1 - Valores baseados em temperatura de bulbo seco ambiente 24 °C. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 27 °C, o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser reduzido em aproximadamente 20%, e o calor latente aumentado correspondentemente. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 21 °C, também o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser aumentado em aproximadamente 20%, e o calor latente reduzido correspondentemente.

NOTA 2 - Valores arredondados em 5 W.

^aO valor do calor ajustado é baseado numa percentagem normal de homens, mulheres e crianças para cada uma das aplicações listadas, postulando-se que o calor liberado por uma mulher adulta é aproximadamente 85% daquele liberado por um homem adulto, e o calor liberado por uma criança é aproximadamente 75% daquele liberado por um homem adulto.

^bO ganho de calor ajustado inclui 18 W para um prato de comida individual (9 W de calor sensível e 9 W latente).

^cConsiderando uma pessoa por cancha realmente jogando boliche, e todas as demais sentadas (117 W), paradas em pé ou caminhando lentamente (231 W)

Fonte: Adaptado de 2005 ASHRAE *Fundamentals Handbook*, Capítulo 30, "Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations", Tabela 1.

3.14.5 Carga térmica devido aos equipamentos

Todos os equipamentos que se encontram dentro do ambiente a ser climatizados e que produzem calor, devem ser considerados para o cálculo da carga térmica. Podemos ter:

- CARGA DEVIDO AOS MOTORES – deve ser considerado o tempo de funcionamento do motor.

- CARGA DEVIDO À ILUMINAÇÃO – decorrente de lâmpadas, reatores. (ver tabela 3.6)
- CARGA DEVIDO A EQUIPAMENTOS COMERCIAIS – decorrente da utilização de equipamentos geralmente utilizados em copas, cozinhas, restaurantes, laboratórios. (ver tabela 3.7)
- CARGA DEVIDO ÀS TUBULAÇÕES - quando o ambiente é atravessado por tubulações de vapor ou água quente que liberem calor.

TABELA 3.6 Taxas típicas de dissipação de calor pela iluminação (de acordo com a ABNT NBR 16401-1/2008).

Local	Tipos de iluminação	Nível de iluminação	
		Lux	Potência dissipada W/m ²
Escritórios e bancos	Fluorescente	500	16
	Fluorescente compacta		17
	Vapor metálico		23
Lojas	Fluorescente compacta	750	28
	Incandescente		9
Residências	Fluorescente	150	30
	Vapor metálico		21
Supermercados	Fluorescente compacta	1000	30
	Vapor metálico		2
Armazéns climatizados	Fluorescente compacta	100	3
	Vapor metálico		6
Cinemas e teatros	Fluorescente compacta	50	4
	Vapor metálico		5
Museus	Fluorescente compacta	200	11
	Vapor metálico		16
Bibliotecas	Fluorescente compacta	500	28
	Vapor metálico		13
Restaurantes	Fluorescente compacta	150	41
	Incandescente		
Auditórios:			
Tribuna	Fluorescente compacta	750	30
	Vapor metálico		32
Plateia	Fluorescente compacta	150	10
	Vapor metálico		18
Sala de espera	Fluorescente compacta	200	8
	Vapor metálico		

Local	Tipos de iluminação	Nível de iluminação	
		Lux	Potência dissipada W/m ²
Hotéis:			
Corredores	Fluorescente compacta	100	8
Sala de leitura	Fluorescente		15
	Fluorescente compacta	500	22
Quartos	Fluorescente compacta		9
	Incandescente	150	30
Sala de convenções (plateia)	Fluorescente	150	8
Sala de convenções (tablado)	Fluorescente		30
	Fluorescente compacta	750	30
Portaria e recepção	Fluorescente		8
	Fluorescente compacta	200	9

Para se obter a carga térmica em kcal/h, usar a relação: 1 kw.h = 860 kcal

TABELA 3.7 Taxas típicas de dissipação de calor e umidade de alguns equipamentos comerciais – restaurantes e lanchonetes (de acordo com a ABNT NBR 16401-1/2008).

Equipamento	Tamanho	Potência (W)	Ganho de calor (W)			
			Sem coifa		Com coifa	
			Plena carga	Sensível	Latente	Total
Elétrico (sem exigência de coifa)						
Armário (grande, servir quente)	1,06 a 1,15 m ³	2000	180	90	270	82
Armário (provador grande)	0,45 a 0,48 m ³	2030	180	90	270	82
Armário (pequeno, manter quente)	0,09 a 0,18 m ³	900	80	40	120	37
Cafeteira	12 xícaras	1660	1100	560	1660	530
Expositor refrigerado, por m ³ de interior	0,17 a 1,9 m ³	1590	640	0	640	0
Aquecedor de alimentos (lâmpada infravermelha), por lâmpada	1 a 6 lâmpadas	250	250	-	250	250

Equipamento	Tamanho	Potência	Ganho de calor (W)			
		(W)	Sem coifa		Com coifa	
		Plena carga	Sensível	Latente	Total	Sensível
Aquecedor de alimentos (tipo prateleira), por m ² de superfície	0,28 m ³ a 0,84 m ³	2930	2330	600	2930	820
Aquecedor de alimentos (tubo infravermelho), por metro linear	1,0 m ³ a 2,1 m ³	950	950	-	950	950
Aquecedor de alimentos (água quente), por m ³ de banho	20 a 70 L	37400	12400	6360	18760	6000
Congelador (grande)	2,07 m ³	1340	540	-	540	0
Congelador (pequeno)	0,51m ³	810	320	-	320	0
Grelha de cachorro quente	48 a 56 unidades	1160	100	50	150	48
Forno de microondas (resistente, comercial)	20 L	2630	2630	-	2630	0
Forno de microondas (tipo residencial)	30 L	600 a 1400	600 a 1400	-	600 a 1400	0
Refrigerador (grande) por m ³ de espaço interior	0,71 a 2,1 m ³	780	310	-	310	0
Refrigerador (pequeno) por m ³ de espaço interior	0,17 a 0,71 m ³	1730	690	-	690	0
Carrinho de transporte (quente), por m ³ de banho	50 L a 90 L	21200	7060	3530	10590	3390
Aquecedor de caldas, por litro de capacidade	11 L	87	29	16	45	14
Torradeira (grande automático)	10 fatias	5300	2810	2490	5300	1700
Torradeira (pequeno automático)	4 fatias	2470	1310	1160	2470	790
Chapa de <i>Waffle</i>	0,05 m ²	1640	700	940	1640	520

3.14.6 Carga térmica devido a infiltração

O ar externo em movimento geralmente penetra nos ambientes climatizados através de frestas nas portas, janelas ou quando da abertura das portas para a circulação de pessoas, introduzindo no ambiente calor (carga térmica). Por isto é fundamental a correta especificação do tipo de esquadrias a ser utilizado.

3.14.7 Carga térmica devido a ventilação

O aparelho de ar condicionado insufla ar refrigerante para dentro do ambiente e o mesmo retorna para o aparelho para ser novamente resfriado. Porém, nem todo o ar insuflado retorna para o aparelho, já que parte dele é perdido através de aberturas e frestas, precisando ser complementado com ar exterior que introduz calor no ambiente. Além, desse ar, é necessária a introdução de ar renovado para as pessoas, cuja quantidade dependerá do tipo de uso do ambiente. Esse ar introduz calor quando misturado ao ar existente, antes de retornar ao aparelho.

3.15 Estimativa da carga térmica total

Para o cálculo da carga térmica de um determinado ambiente que se deseja climatizar, deverá ser somada toda a carga térmica a ser removida do mesmo, a qual foi introduzida no ambiente através da condução, insolação, dutos, pessoas, equipamentos, infiltrações e ventilação;

Para se obter um valor aproximado da carga térmica de um ambiente, como ponto de partida pode utilizar a tabela que foi concebida baseada nos valores abaixo que representam as principais características de cidades brasileiras. (ver tabela 3.8)

Temperatura externa BS = 35°C / BU = 23,8 a 25,5° C

Temperatura interna BS = 24,4 a 26,6°C

TABELA 3.8 Estimativa de carga térmica de verão

Tipo de carga	Categoria	Total de				Kcal/h por m ²
		BTU por h por m ²	m ² /tl	m ³ /h por m ²	m ² /pessoa	
Apartamentos e quarto de hotel	Baixo	139,94	85,8	9,13	9,29	35,2
	Médio	215,29	55,7	12,8	16,26	54,2
	Alto	322,93	37,1	16,4	30,19	81,3
Bancos	Baixo	376,75	31,8	20,1	2,42	94,9
	Médio	570,71	21,0	32,9	4,92	143,2
	Alto	807,32	14,8	45,7	7,43	203,4
Barbearias	Baixo	484,39	24,7	23,7	1,86	122
	Médio	785,99	15,2	47,5	3,72	197,9
	Alto	1205,60	9,95	80,4	5,37	303,7
Consultórios médicos e dentários	Baixo	355,22	33,7	21,9	2,69	89,5
	Médio	548,98	21,8	31	6,97	138,2
	Alto	731,97	16,3	43,8	14,87	184
Drogarias	Baixo	376,75	31,8	20,1	1,58	94,9
	Médio	753,5	15,9	34,7	3,62	189,8
	Alto	1173,31	10,2	62,1	8,55	295,5
Escritórios em geral	Baixo	236,81	50,6	12,8	2,97	590,6
	Médio	462,86	25,9	25,5	9,76	116,6
	Alto	775,03	15,5	40,2	25,83	195,2

Para nosso estudo, considerando-se a complexidade da estimativa de carga térmica através de métodos mais rigorosos, que extrapolariam os nossos objetivos, vamos adotar o Anexo I – Formulário para Cálculos Simplificado de Carga Térmica e o Anexo II – Fator Geográfico para Cálculo de Carga Térmica de Resfriamento, ambos da Norma Brasileira NBR 5858 – junho / 1993 – Condicionador de Ar Doméstico. (ver Anexo I e II nas páginas seguintes).

ANEXO II – FATOR GEOGRÁFICO PARA CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA



BIBLIOGRAFIA BÁSICA

BORGES, R. S., BORGES, W. L. Manual de Instalações Prediais Hidráulica-Sanitária e de Gás. 3ª edição. Belo Horizonte, FUMARC, 1989. 557p.

CAMARGO, José Rui. Resfriamento evaporativo: climatização ecológica. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009.

CORPO DE BOMBEIROS. COMANDO. (Recife). Portaria Administrativa nº 018189 Recife,1989. (mimeografado).

CORPO DE BOMBEIROS DE PERNAMBUCO. Normas CB-016/96 Recife, 1996.

CREDER, H. Instalações de Ar Condicionado, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. - Grupo GEN, 6.a Edição, 2004.

HELIOGÁS. DEPARTAMENTO DE INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS. Manual de instalações centralizadas prediais de GLP. Fortaleza, 1973. (mimeografado).

JONES, W. P. Engenharia de ar condicionado. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1983.

MACINTYRE, A. J. Instalações Hidráulicas. 2ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara, 1978. 797 p.

MASCARO, Juan Luís; MASCARO, Lúcia Elvira Raffo (coordenadores). Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios. Porto Alegre: Editora Sagra Dc Luzzatto, 1992.

MENDES, Luíz Magno de Oliveira. Refrigeração e ar condicionado. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Ediouro, 1984.

MILLER, Mark R. Refrigeração e ar condicionado. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2008.

NBR 6.401/80 – Instalações Centrais de ar condicionado para conforto – Parâmetros básicos de projeto (temperatura e umidade).

NBR 5858/83 Condicionador de ar doméstico

NBR 9077/93 Saídas de emergência em edifícios

NBR 6675/93 Instalação de condicionador de ar de uso doméstico

NBR 13932/97 Instalações internas de gás liquefeito de petróleo (GLP) – Projeto e execução

NBR 13933/97 Instalações internas de gás natural (GN) – Projeto e execução

NBR 14570/00 Instalações internas para uso alternativo dos gases GN e GLP - Projeto e execução

NBR 7.256/04 – Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações.

NBR 14024 – Centrais prediais e industriais de gás liquefeito de petróleo (GLP) – Sistema de abastecimento a granel.

NBR 16401/08 Instalações de ar-condicionado sistemas centrais e unitários.

SILVA, Jesue Graciliano da. Introdução a tecnologia da refrigeração e da climatização. 1. ed. São Paulo: Editora Artliber, 2004.

SILVA, Pérides. Acústica arquitetônica e condicionamento de ar. 4. ed. Belo Horizonte: Edtal E. T. Ltda., 2002.

TORREIRA, Raul Peragallo. Elementos Básicos de ar condicionado. Hemus Editora Limitada, 1994.

INTRODUÇÃO AO PROJETO DAS INSTALAÇÕES ESPECIAIS:
Arquitetura e Urbanismo - UFPE

FORMATO
digital

TIPOGRAFIA
Swiss 721 Cn BT
Minion Pro

Editoração eletrônica



Rua Acadêmico Hélio Ramos, 20 | Várzea,
Recife - PE CEP: 50.740-530

Fones: (0xx81) 2126.8397 | 2126.8930 | Fax: (0xx81) 2126.8395
www.ufpe.br/edufpe | livraria@edufpe.com.br | editora@ufpe.br

Livro-Texto

A Pró-Reitoria Acadêmica (Proacad) e a Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco (EdUFPE), apresentam a obra *Introdução ao Projeto das Instalações Especiais* organizada pelos professores Marcos José Vieira de Melo, Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos e Sérgio da Motta Bittencourt, o 35º título editado pelo Programa Livro-Texto.

Esta Coleção publica o material produzido pelos professores da UFPE. Trata-se de uma proposta que visa à publicação de exemplares de qualidade acadêmica a um baixo custo de aquisição para o aluno, além de dar a possibilidade concreta de publicação para o professor. Estimula, ainda, o docente a produzir seu próprio material, oportunizando correções e atualizações em cada nova impressão. O padrão de cores utilizado nas capas identifica a área do conhecimento e, conseqüentemente, o Centro Acadêmico onde a disciplina é ministrada: laranja para Humanas, verde para Saúde e azul para Exatas.

Espera-se que os alunos, incentivados pelas publicações adequadas aos programas das disciplinas que vêm estudando, criem o hábito de adquirir livros e construam, progressivamente, – como estudantes e futuros profissionais – suas bibliotecas particulares.

Como Editora, ressalto o empenho da Administração Central, da Proacad e da Comissão Editorial, que, criteriosamente, avançaram nesse nível de produção. Congratulo-me com os senhores professores autores e com os Centros Acadêmicos que responderam à chamada do edital.

Maria José de Matos Luna
Diretora da EdUFPE

