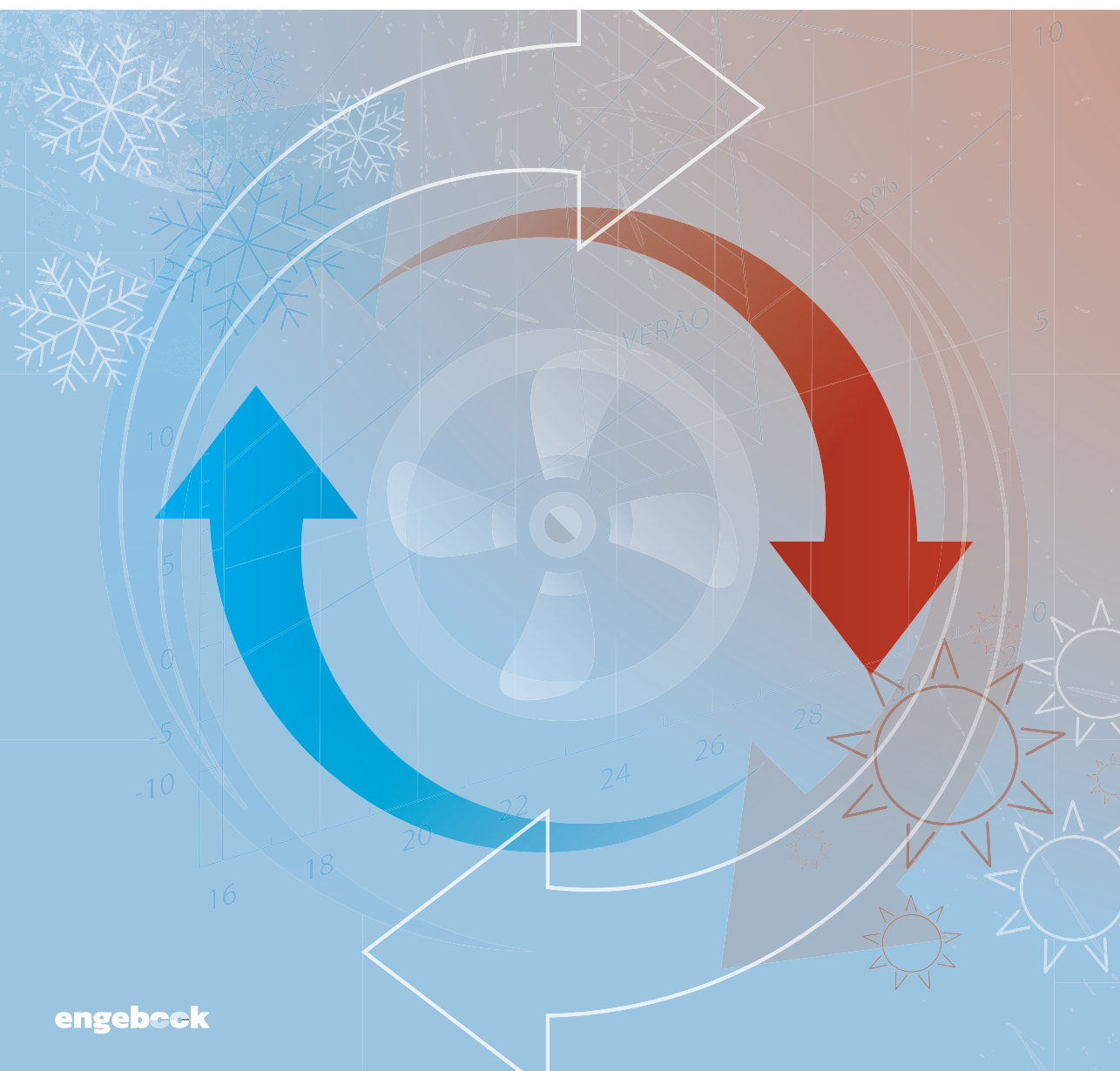


# AVAC, UM MANUAL DE APOIO COMPLEMENTOS

ANTÓNIO JOSÉ DA ANUNCIADA SANTOS



AUTOR

**António José da Anunciada Santos**

TÍTULO

**AVAC, Um Manual de Apoio: complementos**

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.  
Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO

CHANCELA

Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO

Booki – Conteúdos Especializados  
Tel. 220 104 872 . Fax 220 104 871 . E-mail: info@booki.pt . www.booki.pt

APOIO À EDIÇÃO

Academia Rolear

REVISÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN

Isa Afonso  
Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

IMPRESSÃO

Espanha  
Agosto, 2018

DEPÓSITO LEGAL

442439/18



A cópia ilegal viola os direitos dos autores.  
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2018 | Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Todos os direitos reservados a Publindústria, Produção de Comunicação, Lda. para a língua portuguesa.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio, seja eletrónico, mecânico, de fotocópia, de gravação ou outros sem autorização prévia por escrito do autor.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU

697 Aquecimento, ventilação e condicionamento de ar em edificações

ISBN

Papel: 9789898927101

E-book: 9789898927118

Booki – Catalogação da publicação

Família: Refrigeração/AVAC

Subfamília: Refrigeração/AVAC

# ÍNDICE

<b>NOTA INTRODUTÓRIA .....</b>	<b>XIII</b>
<b>5. REGULAÇÃO E CONTROLO .....</b>	<b>1</b>
<b>5.1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>5.2. Controlo e segurança em circuitos de refrigerante primário .....</b>	<b>1</b>
5.2.1. Descrição .....	1
5.2.2. Dispositivos de expansão .....	3
5.2.2.1. Capilar .....	3
5.2.2.2. Válvula de expansão termostática .....	4
5.2.2.3. Válvula de expansão eletrónica .....	8
5.2.3. Válvulas não modulantes .....	10
5.2.3.1. Válvulas de corte .....	10
5.2.3.2. Válvulas de serviço .....	11
5.2.3.3. Válvulas de retenção .....	14
5.2.3.4. Válvulas de solenoide de 2 vias .....	14
5.2.3.5. Válvulas Inversora de ciclo .....	15
5.2.4. Pressostatos .....	18
5.2.5. Termostatos .....	19
5.2.6. Filtro e visores .....	22
<b>5.3. Controlo e segurança em circuitos de refrigerante secundário .....</b>	<b>25</b>
5.3.1. Descrições .....	25
5.3.2. Válvulas .....	25
5.3.2.1. Descrições .....	25
5.3.2.2. Parâmetros das válvulas .....	26
5.3.2.3. Válvulas de regulação e controlo .....	27
5.3.2.4. Válvulas anti retorno .....	32
5.3.2.5. Válvulas de segurança e alívio .....	33
5.3.2.6. Válvulas redutoras de pressão.....	35
5.3.2.7. Válvulas Equilibradoras .....	35
5.3.3. Termostatos e Pressostatos .....	42
5.3.4. Fluxostatos .....	44

<b>5.4. Componentes auxiliares para redes de água e de ar .....</b>	<b>45</b>
5.4.1. Vasos de expansão .....	45
5.4.1.1. Descrição .....	45
5.4.1.2. Constituição e funcionamento .....	46
5.4.1.3. Instalação .....	47
5.4.1.4. Características e seleção .....	47
5.4.2. Painéis solares térmicos .....	48
5.4.2.1. Descrição .....	48
5.4.2.2. Constituição e funcionamento .....	49
5.4.2.3. Potências e rendimentos .....	50
5.4.2.4. Área de captação solar .....	52
5.4.2.5. Agrupamento e perdas de carga .....	54
5.4.3. Depósitos de acumulação térmica .....	56
5.4.3.1. Descrição .....	56
5.4.3.2. Constituição e funcionamento .....	56
5.4.3.3. Volume do depósito .....	57
<b>6. INSTALAÇÕES DE AVAC .....</b>	<b>59</b>
<b>6.1. Introdução .....</b>	<b>59</b>
<b>6.2. Instalações de AQ e AQS .....</b>	<b>59</b>
6.2.1. Descrição .....	59
6.2.2. Instalações com caldeiras .....	60
6.2.2.1. Aspectos de caldeiras .....	60
6.2.2.2. Sistemas individuais .....	65
6.2.2.3. Sistemas centralizados .....	71
6.2.2.4. Princípios de dimensionamento .....	73
6.2.2.5. Cuidados de instalação e manutenção .....	76
6.2.3. Instalações com painéis solares térmicos .....	81
6.2.3.1. Descrições e classificação .....	81
6.2.3.2. Sistemas individuais .....	82
6.2.3.3. Sistemas coletivos .....	85
6.2.3.4. Princípios de dimensionamento .....	86
6.2.3.5. Cuidados de Instalação e Manutenção .....	90
6.2.4. Instalações com bombas de calor.....	94
6.2.4.1. Descrição e classificações .....	94
6.2.4.2. Sistemas com bombas ar-água .....	95
6.2.4.3. Princípios de dimensionamento .....	97
<b>6.3. Instalações de Ventilação .....</b>	<b>98</b>
6.3.1. Descrição e classificação .....	98
6.3.2. Sistemas naturais .....	99
6.3.3. Sistemas mecânicos .....	100
6.3.3.1. Geral .....	100
6.3.3.2. Localizados.....	103



6.3.4. Princípios de dimensionamento .....	105
<b>6.4. Instalações de ar condicionado .....</b>	<b>116</b>
6.4.1. Sistemas tudo refrigerante .....	116
6.4.1.1. Descrição e classificação .....	116
6.4.1.2. Sistemas <i>Splits</i> e <i>Multiplit</i> .....	117
6.4.1.3. Sistemas <i>VRV</i> .....	117
6.4.1.4. Princípios de dimensionamento .....	121
6.4.2. Sistema tudo água .....	121
6.4.2.1. Descrição e classificação .....	121
6.4.2.2. Sistema a dois tubos.....	122
6.4.2.3. Sistema a três tubos.....	124
6.4.2.4. Sistema a quatro tubos .....	125
6.4.2.5. Princípios de dimensionamento .....	126
6.4.3. Sistema tudo ar .....	127
6.4.3.1. Descrição e classificação .....	127
6.4.3.2. Sistema volume de ar constante .....	129
6.4.3.3. Sistema volume de ar variável .....	131
6.4.3.4. Princípios de dimensionamento .....	131
6.4.4. Sistemas Ar-Água .....	133
6.4.4.1. Descrição .....	133
6.4.4.2. Princípios de dimensionamento .....	134
<b>6.5. Instalações de acumulação térmica .....</b>	<b>134</b>
6.5.1. Descrição .....	134
6.5.2. Tipos e classificações .....	135
6.5.2.1. Acumulação com água gelada .....	135
6.5.2.2. Acumulação com sais eutecticos .....	136
6.5.2.3. Acumulação por bancos de gelo .....	136
6.5.3. Estratégias de acumulação .....	139
6.5.4. Princípios de dimensionamento .....	141
<b>7. ELETRICIDADE E ILUMINAÇÃO EM AVAC .....</b>	<b>143</b>
<b>7.1. Introdução .....</b>	<b>143</b>
<b>7.2. Princípios eletrotécnicos .....</b>	<b>143</b>
7.2.1. Grandezas elétricas .....	143
7.2.1.1. Tensão elétrica .....	143
7.2.1.2. Corrente elétrica .....	145
7.2.1.3. Resistência elétrica .....	145
7.2.1.4. Potência elétrica .....	148
7.2.1.5. Equipamentos práticos em AVAC .....	150
7.2.2. Corrente contínua .....	151
7.2.3. Corrente alternada monofásica .....	153
7.2.3.1. Características .....	153
7.2.3.2. Circuitos elétricos base .....	155

7.2.4. Corrente alternada trifásica .....	162
7.2.4.1. Características .....	162
7.2.4.2. Ligação estrela e triângulo .....	163
<b>7.3. Máquinas elétricas .....</b>	<b>165</b>
7.3.1. Transformadores .....	165
7.3.1.1. Descrição .....	165
7.3.1.2. Funcionamento e parâmetros .....	166
7.3.2. Motores de c.a. ....	168
7.3.2.1. Motores assíncronos trifásicos .....	169
7.3.2.2. Motores assíncronos monofásicos .....	176
<b>7.4. Proteção e comando em instalações elétricas .....</b>	<b>179</b>
7.4.1. Conceitos base .....	179
7.4.1.1. Efeitos da corrente elétrica .....	179
7.4.1.2. Contatos diretos e indiretos .....	180
7.4.1.3. Sobre carga e curto-circuito .....	181
7.4.2. Equipamentos de proteção .....	182
7.4.2.1. Corta-fusíveis .....	182
7.4.2.2. Disjuntores magneto-térmicos .....	185
7.4.2.3. Relés-térmicos .....	187
7.4.2.4. Disjuntor motor magneto térmico .....	189
7.4.2.5. Equipamentos diferenciais .....	189
7.4.3. Equipamentos de comando .....	192
7.4.3.1. Botoneiras e botões giratórios .....	182
7.4.3.2. Fins de curso .....	193
7.4.3.3. Contatores .....	193
7.4.4. Condutores e cabos .....	197
7.4.4.1. Generalidades .....	197
7.4.4.2. Princípios de dimensionamento .....	198
7.4.5. Esquemas elétricos aplicados .....	199
<b>7.5. Princípios luminotécnicos .....</b>	<b>203</b>
7.5.1. Conceitos base .....	203
7.5.2. Grandezas luminotécnicas .....	204
7.5.3. Lâmpadas e iluminárias .....	207
7.5.3.1. Características das lâmpadas .....	207
7.5.3.2. Lâmpadas tradicionais .....	209
7.5.3.3. Lâmpadas Led .....	214
7.5.3.4. Conceitos em Iluminárias .....	215
7.5.4. Princípios do dimensionamento em iluminação .....	217
7.5.5. Equipamentos de proteção e comando .....	225
<b>8. MANUTENÇÃO E GESTÃO DE SISTEMAS .....</b>	<b>229</b>
<b>8.1. Introdução .....</b>	<b>229</b>
<b>8.2. Manutenção em sistemas de AVAC .....</b>	<b>229</b>

8.2.1. Descrições .....	229
8.2.2. Manutenção curativa .....	230
8.2.2.1. Descrição .....	230
8.2.2.2. Operações básicas .....	230
8.2.2.3. Tabelas de avarias.....	233
8.2.3. Manutenção preventiva .....	238
8.2.4. Manutenção corretiva .....	239
8.2.5. Organização da manutenção .....	239
<b>8.3. Introdução ao controlo de consumo nos edifícios .....</b>	<b>242</b>
8.3.1. Principais consumidores de energia .....	142
8.3.1.1. Edifícios Residenciais .....	142
8.3.1.2. Edifícios Serviços .....	243
8.3.2. Estratégia para redução do consumo de energia nos edifícios .....	245
8.3.2.1. Estratégia para a climatização .....	245
8.3.2.2. Estratégia para a iluminação .....	252
8.3.2.3. Recuperação de energia térmica .....	153
8.3.2.4. Sistema de gestão de energia .....	156
8.3.2.5. Estratégias para melhorias elétricas .....	258
8.3.3. Estratégias para sistemas com motores .....	262
8.3.3.1. Sistemas de bombagem .....	262
8.3.3.2. Sistemas de ventilação .....	264
8.3.3.3. Sistemas de frio .....	20
<b>8.4. Gestão técnica das instalações .....</b>	<b>266</b>
8.4.1. Descrição .....	266
8.4.2. Princípios da GT .....	266
8.4.3. Princípios da GTC .....	268
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>273</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS.....</b>	<b>281</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>283</b>

# NOTA INTRODUTÓRIA

O setor tecnológico do AVAC é uma área de forte aplicação profissional em muitas regiões do planeta. Desde o dimensionamento de equipamentos à prática do fabrico e da instalação e manutenção de sistemas, esta área de trabalho aleada à refrigeração enquadra-se no domínio do saber dos técnicos de AVAC/R. Estes ensinamentos são enquadrados nos programas de ensino profissional e universitário de muitos países.

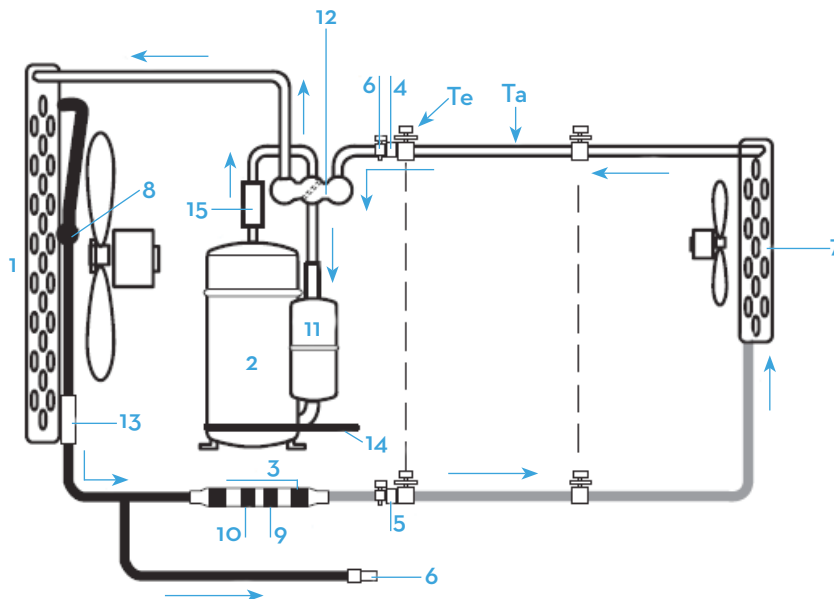
Estruturada em dois volumes e oito capítulos, esta obra abrange conhecimentos que têm vindo a ser desenvolvidos pela comunidade científica ao longo dos anos, e usados pelos técnicos e fabricantes do setor. Os temas aqui abordados são do âmbito teórico e prático, e relacionam-se sobretudo com a descrição, o dimensionamento, a instalação e a manutenção das instalações de AVAC.

O primeiro volume, com quatro capítulos, aborda como matéria inicial os fundamentos do ar condicionado, com temas como a psicrometria, as condições exteriores e interiores a verificar nos espaços climatizados, o conforto térmico e acústico, e os princípios da difusão do ar. O balanço térmico a desenvolver aos espaços a climatizar é assunto seguinte, e de referência, para o dimensionamento das instalações. Uma abordagem prática dentro deste âmbito é feita neste livro, de forma a simplificar a matéria. Em temas seguintes é referida a principal maquinaria individual usada no setor, com uma estrutura que segue a classificação básica dos sistemas, incluindo as condutas e tubagens de transporte de fluidos, bem como as turbomáquinas associadas.

O segundo volume, com outros quatro capítulos, apresenta inicialmente os equipamentos de controlo usados nos circuitos primários e secundários de circulação de fluidos. São depois referidos os principais tipos de instalações que se podem desenvolver com as máquinas apresentadas nos capítulos anteriores, bem como os princípios de dimensionamento e alguns cuidados de instalação e manutenção. Como complemento são também abordadas nesta obra uma componente elétrica e luminotécnica de interesse para o setor, e assuntos de manutenção e gestão de sistemas, que se revestem de interesse para o bom funcionamento das instalações e economias energéticas.

equipamentos e dos utilizadores. Os mais comuns são: dispositivos de expansão, válvulas de corte e serviço, válvulas inversoras de ciclo, os termostatos e os pressostatos. Os filtros e visores são componentes que pertencem normalmente aos elementos auxiliares. No entanto, aqui neste trabalho, vamos englobá-los numa categoria de elementos de controlo e segurança, em virtude de simplificar as descrições, uma vez que estes também desempenham estas funções. Para maior conhecimento sobre este tema recomenda-se a consulta da obra *Refrigeração II - Complementos - Manual de apoio ao ensino e à profissão*, Anunciada Santos (2016).

Como exemplo de aplicação destes componentes mostra-se na figura seguinte um esquema frigorífico de um ar condicionado do tipo *split* com bomba de calor.



#### LEGENDA DA FIGURA

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1. Bateria da unidade exterior | 9. Dispositivo de expansão durante a refrigeração |
| 2. Compressor                  | 10. Dispositivo de expansão durante o aquecimento |
| 3. Filtro Mecânico             | 11. Acumulador adicional de líquido na aspiração  |
| 4. Válvula de vapor            | 12. Válvula de inversão                           |
| 5. Válvula de líquido          | 13. Sensor de bateria do aparelho externo         |
| 6. Tomada de pressão           | 14. Aquecedor de cárter                           |
| 7. Bateria da unidade interior | 15. Silenciador de distribuição                   |
| 8. Distribuidor de líquido     |   |

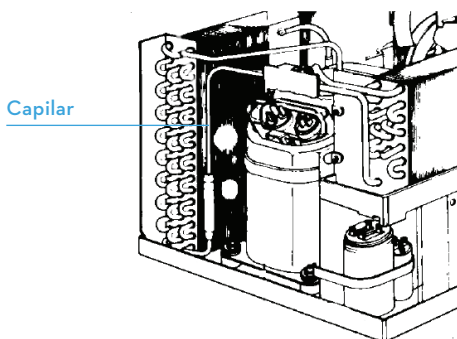
**Figura 5.1:** Componentes do circuito frigorífico de um ar condicionado do tipo *split*. / Fonte: Carrier

## 5.2.2. Dispositivos de expansão

Os dispositivos de expansão permitem a redução brusca da pressão desde valores de condensação a valores de evaporação, e alguns deles controlam o caudal de fluido ao evaporador. Os principais usados no ar condicionado são: os tubos capilares, as válvulas de expansão termostáticas, e as válvulas de expansão eletrônicas.

### 5.2.2.1. Capilar

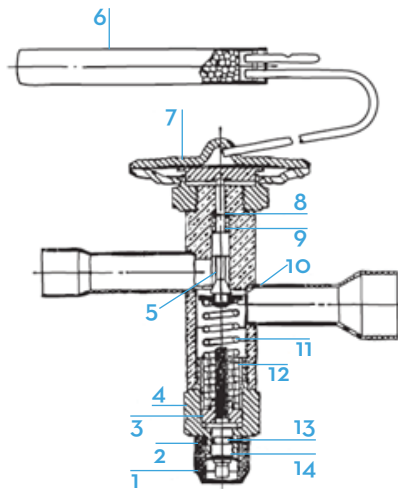
**Descrição.** Formado por um pequeno tubo, o capilar é o dispositivo de expansão mais simples, muito usado na refrigeração nos equipamentos de baixa potência frigorífica, como os frigoríficos domésticos, as arcas e armários frigoríficos. No âmbito do ar condicionado são normalmente usados nos equipamentos autônomos como o ar condicionado de janela e os *splits*. Este dispositivo não permite um ajustamento automático da alimentação do fluido refrigerante ao evaporador em função da carga térmica da instalação. Significa que, quando a potência frigorífica pedida ao evaporador variar, o capilar não garante o caudal de refrigerante necessário para que a instalação funcione nas condições desejadas.



**Figura 5.2:** Localização de um capilar num ar condicionado de janela. / Fonte: Carrier

**Funcionamento.** O funcionamento depende da relação entre o comprimento, o diâmetro e a pressão de condensação. Para uma determinada secção de capilar o comprimento influencia a perda de carga induzida ao fluido refrigerante saído do condensador. Se o capilar for muito curto, a perda de carga é pequena e uma sobrealimentação ao evaporador é a consequência. Por outro lado, se o capilar for longo, a perda de carga é excessiva, e o resultado é uma sub-alimentação do evaporador, com a consequente diminuição de pressão de evaporação. Quando a pressão de condensação aumenta, origina uma sobrealimentação do evaporador, enquanto a sua diminuição origina uma subalimentação. No entanto, existem outros fatores de natureza externa que influenciam o funcionamento do tubo capilar. Como por exemplo as impurezas existentes no circuito frigorífico, a maior ou menor quantidade de óleo arrastado na instalação.

Pressão aumenta → Alimentação do evaporador aumenta  
Pressão diminui → Alimentação do evaporador diminui



#### LEGENDA DA FIGURA

- |                        |  |                     |
|------------------------|--|---------------------|
| 1. Tampa vedação       | 6. Bolbo com tubo capilar              | 11. Mola            |
| 2. O-ring              | 7. Elemento termostático com diafragma | 12. Haste de ajuste |
| 3. Porca de ajuste     | 8. Anilha de retenção                  | 13. O-ring          |
| 4. Adaptador de ajuste | 9. Selo                                | 14. Anel retentor   |
| 5. Pin                 | 10. Guia da mola                       |                     |

**Figura 5.4:** Corte na válvula de expansão termostática com equalização externa. / Fonte: Emerson

O funcionamento destas válvulas é feito de acordo com a ação de três forças exercidas sobre o diafragma da válvula; uma força exercida pela pressão do bolbo, que atua na parte superior do diafragma; uma outra determinada pela pressão de evaporação, que atua na parte de baixo do diafragma; e uma terceira, determinada pela pressão da mola, que também atua debaixo do diafragma. Esta última é ajustada manualmente pelo parafuso de afinação e vai regular o sobreaquecimento de trabalho da válvula.

A força do bolbo é influenciada pelo sobreaquecimento na parte final do evaporador. A força da mola é um valor fixo imposto pelo parafuso de afinação. E a força da evaporação é influenciada pela queda de pressão que existe ao longo do evaporador. Esta vem determinada pela diferença entre a pressão de evaporação na saída da válvula e a queda de pressão do evaporador.

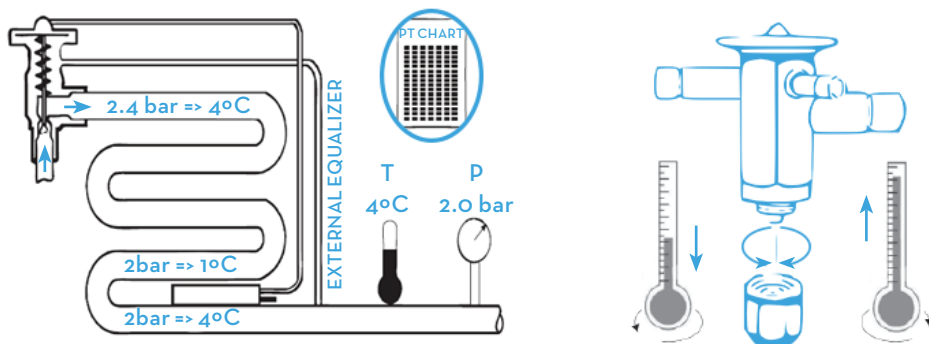
Numa situação de estabilidade, com membrana direita, a pressão exercida pelo bolbo é igual à soma da mola mais a de evaporação à saída da válvula.

Na situação de instabilidade, com a variação da pressão do bolbo devido à variação do sobreaquecimento no final do evaporador, a válvula tem uma resposta em fecho e outra em abertura. A de fecho deve-se à diminuição do sobreaquecimento e a abertura ao seu aumento.

Logo, para uma determinada regulação no parafuso de afinação, é imposto um valor de sobreaquecimento de trabalho útil na válvula de expansão. Este é mantido constante para qualquer que seja a temperatura de evaporação, dentro da gama de trabalho da válvula.

As três forças interagem umas com as outras, deixando entrar mais ou menos fluido refrigerante, de forma a manter um sobreaquecimento do fluido constante no final do evaporador (normal de 3 a 7 K).

Na figura seguinte mostra-se uma válvula a trabalhar a R134a com uma evaporação de 4°C e um sobreaquecimento de 3°C.



**Figura 5.5:** Funcionamento da válvula expansão com equalização externa. / Fonte: Emerson

**Instalação e afinação.** As válvulas com equalização externa de pressão devem ser usadas em evaporadores com grandes perdas de carga, com valores maiores ou iguais a 1 bar. Como por exemplo os evaporadores de placas. As válvulas com equalização interna de pressão são usadas nos evaporadores mais ligeiros com menos perda de carga. Na instalação deste género de válvulas devem ser levados em conta alguns cuidados na instalação do corpo e do bolbo para um bom funcionamento do equipamento.

**1. Corpo.** Pode ser instalado em qualquer posição, sendo aconselhado evitar o posicionamento com o diafragma para baixo. Deve ficar na linha de líquido, e respeitar o sentido de circulação do refrigerante indicado pelo fabricante.

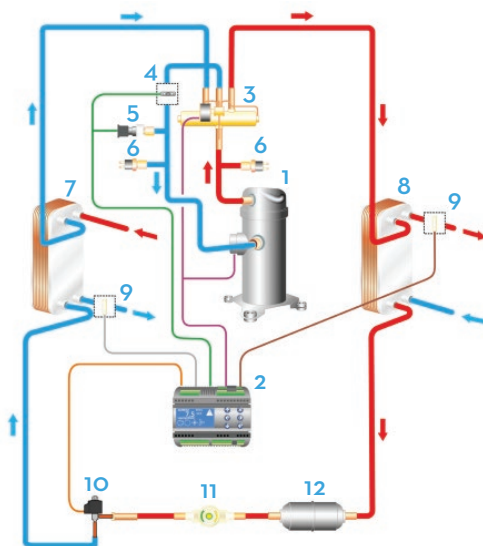
**2. Bolbo.** O bolbo deve ficar na horizontal, na parte final do evaporador, com braçadeira própria. O seu posicionamento no tubo deve ser entre as 12 e as 4 horas consoante o diâmetro das tubagens, a fim de evitar os falsos sinais vindos do óleo que se pode acumular na parte inferior dos tubos. Para os tubos de menor diâmetro, exemplo 3/8", a posição deve ficar próxima das 12 horas, e em maiores diâmetros, exemplo 1", próximas das 4 horas. Para montagem horizontal seguida de ramo ascendente, deve-se fazer um sifão, depois do bolbo. Isto evita a deposição do óleo na região do bolbo e logo a sua influência no funcionamento especialmente depois de um período de paragem.

Não se deve instalar o bolbo em tubos coletores no evaporador, ou em tubos verticais depois de um sifão de óleo, nem deve ser instalado depois de um trocador de calor, pois os sinais emitidos para a válvula são falsos. O bolbo também não deve ser instalado próximo dos componentes com grande massa, pois também origina sinais falsos para a válvula de expansão.



Tal como as válvulas termostáticas, estas também controlam a entrada de refrigerante de forma a manterem um sobreaquecimento constante no final do evaporador. Um conjunto de sondas de temperatura, dispostas na tubagem de entrada e saída do evaporador e na entrada e saída do ar, enviam os sinais a um controlador. Este por sua vez determina o sobreaquecimento instantâneo da válvula e compara com um valor de acerto. Se os valores forem superiores aos regulados, indica que existe um maior pedido de frio, e logo o controlador envia mais impulsos elétricos de abertura da válvula; se o valor for inferior ao de abertura, os impulsos tendem a reduzir. Ou seja, quanto maior for as necessidades de frio, maior é o tempo de abertura da válvula e menor o tempo de fecho. Por exemplo para um pedido de carga a variar de 33 a 67% o tempo de abertura varia de 2 a 4 segundos, e o tempo de fecho varia de 4 a 2 segundos.

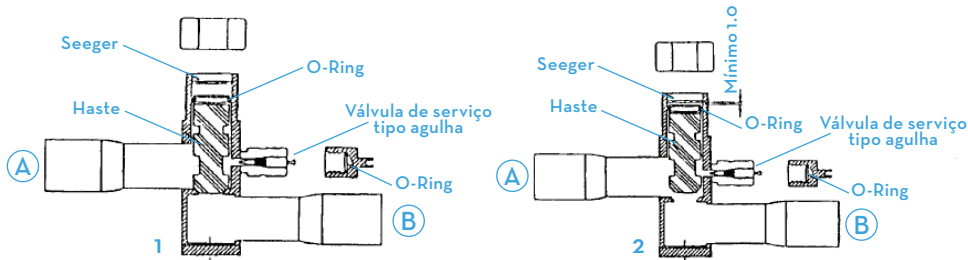
**Instalação e afinação.** Estas válvulas são instaladas na entrada dos evaporadores e ligadas a um controlador. Neste são ligados um conjunto de sensores de temperatura de forma a controlar os impulsos à válvula com uns parâmetros definidos, de modo a garantir o sobreaquecimento desejado. São equipamentos normalmente ligados à tubagem por soldadura, devendo ter o cuidado, tal como em todas as válvulas de soldar, de cobrir o corpo metálico com um pano molhado e remover o solenoide, para evitar as temperaturas elevadas que de outra forma podem danificar os elementos plásticos da válvula. Quando a válvula é aberta deve-se ter o cuidado de avaliar o estado das juntas e proceder à sua substituição se necessário.



#### LEGENDA DA FIGURA

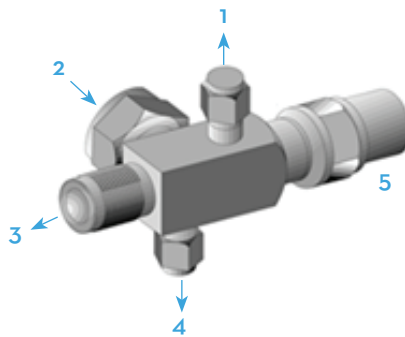
- |                          |                           |                                      |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. Compressor            | 5. Transmissor de pressão | 9. Sensor de temperatura             |
| 2. Controlador           | 6. Controlador de pressão | 10. Válvula de de expansão eléctrica |
| 3. Válvula de 4 vias     | 7. Evaporador             | 11. Visor de líquido                 |
| 4. Sensor de temperatura | 8. Condensador            | 12. Filtro secador                   |

**Figura 5.10:** Instalação da válvula expansão electrónica. / Fonte: Danfoss



**Figura 5.15:** Válvula fechada (1) e Válvula aberta (2). / Fonte: Carrier

As válvulas de serviço ao compressor, também conhecidas por rotalock, encontram-se disponíveis com três e quatro canais de ligação. As de três canais têm dois ligados ao circuito frigorífico e um outro para acesso externo; as de quatro canais têm dois ligados ao circuito frigorífico e outros dois de acesso externo.



**LEGENDA DA FIGURA**

- 1. Ligação para acesso externo
- 2. Ligação ao compressor ou depósito líquido
- 3. Ligação à tubagem
- 4. Ligação para acesso externo
- 5. Proteção do parafuso de regulação

**Figura 5.16:** Válvula de serviço. / Fonte: Embraco

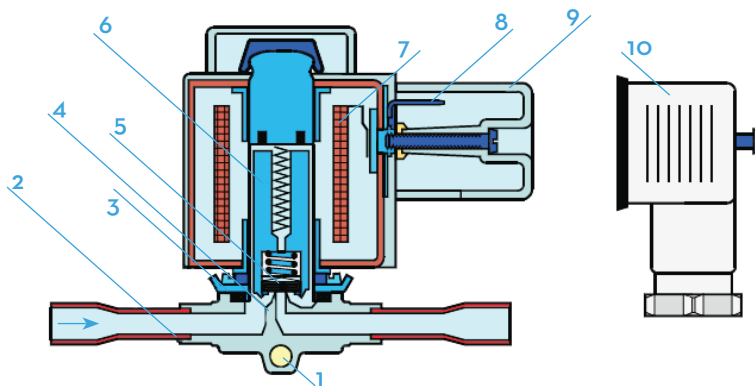
O seu funcionamento baseia-se no controlo manual dos vários canais de ligação. Por exemplo na válvula de 4 canais, (A) com o parafuso todo fechado o êmbolo tapa 3 e põe em comunicação os outros três; (B) com o parafuso todo aberto, o embolo tapa o 1 e põe em comunicação os outros três; (C) com o parafuso numa situação intermédia, os quatro canais ficam em comunicação. Nesta válvula o canal 4 está sempre em contacto com o escoamento de fluido não sendo possível o seu isolamento como se consegue ter com o canal 1. No caso da válvula com três canais de ligação, normalmente não existe o canal 4 de ligação. Logo neste caso com o parafuso todo fechado fica em comunicação o canal 2 e 1 ficando fechado o 3; com o parafuso todo aberto, isola-se o canal 1 e põe-se em comunicação os canais 2 e 3; com o parafuso numa situação intermedia os três canais estão em comunicação.

Quando uma válvula de 3 canais é instalada na aspiração do compressor, o escoamento do fluido é feito de 3 para 2, sendo o acesso à saída externa por 1. O uso da válvula em funcionamento normal da instalação deve ser com o parafuso de regulação todo aberto.

chamam-se de válvulas normalmente fechadas, NC. E existem válvulas que permanecem abertas, quando não têm sinal de tensão, e chamam-se de normalmente abertas, NO. O funcionamento das válvulas de solenoide assenta em dois princípios de acordo com o posicionamento de trabalho do êmbolo: de operação direta e servoacionadas, de membrana ou de êmbolo.

**1. Válvulas de operação direta, NC.** Neste género de válvulas o êmbolo trabalha diretamente sobre o orifício principal, sujeito à ação da força de uma mola, da força eletromagnética e da força exercida pela pressão do fluido. A força da mola em conjunto com a força da pressão do fluido na entrada actuam na parte superior do êmbolo, e tendem a empurrá-lo para baixo. A força da pressão do fluido na entrada e da saída actuam na parte inferior do êmbolo e em conjunto com a força eletromagnética tendem a empurrá-lo para cima.

Numa situação sem sinal de tensão, a força da mola e da pressão na entrada da válvula, são suficientes para manter a válvula fechada, ou seja, com o êmbolo a tapar o orifício. Ao aplicar um sinal de tensão aos terminais da bobina, cria-se uma força eletromagnética suficiente que vence a força da mola e o diferencial de pressão, deslocando o êmbolo para cima, abrindo a válvula.



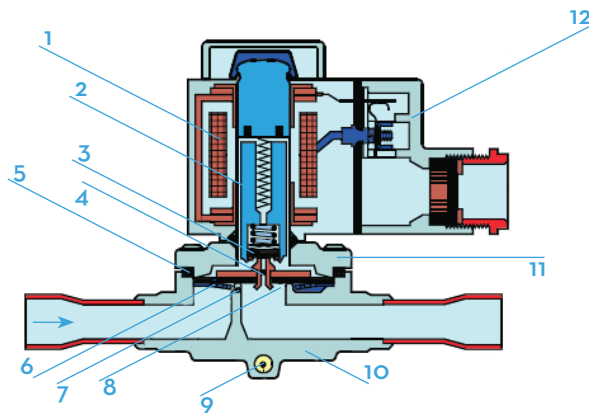
#### LEGENDA DA FIGURA

- |                         |                                 |                       |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 1. Orifício de montagem | 5. Êmbolo do orifício principal | 8. LigaçãO DIN        |
| 2. Corpo da válvula     | 6. Armadura                     | 9. Tampa de protecçãO |
| 3. Junta                | 7. Bobina                       | 10. Tomada DIN        |
| 4. Assento da válvula   |                                 |                       |

**Figura 5.20:** Corte numa válvula de solenoide de 2 vias de operação directa. / Fonte: Danfoss

**2. Válvula servo acionada de membrana.** Neste género de válvulas o embolo associado ao elemento eletromagnético trabalha sobre um orifício piloto, situado sobre um diafragma. Este diafragma trabalha sobre o orifício principal de escoamento do fluido. No êmbolo piloto actuam forças semelhantes ao caso anterior da válvula de operação directa, e no diafragma apenas actuam as forças da pressão do fluido. Na parte superior actua a pressão da entrada, e na parte inferior o conjunto da pressão de entrada e saída.

Quando sem sinal de tensão no solenoide, o êmbolo piloto e o diafragma tampam ambos os orifícios, interrompendo a passagem do fluido. Pois neste caso a pressão na entrada é superior à pressão na saída, mantendo assim a válvula fechada. Ao aplicar um sinal elétrico o êmbolo piloto abre e deixa passar um ligeiro caudal da entrada para a saída. Este escoamento de fluido pelo orifício piloto é o suficiente para reduzir a pressão na parte superior e aumentar a pressão na parte inferior de saída em valores suficientes de forma a criar uma resultante que permite o descolamento do diafragma para cima, abrindo o orifício principal e deixando assim passar o fluido.



#### LEGENDA DA FIGURA

- |                              |                            |                          |
|------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1. Bobina                    | 5. Junta                   | 9. Orifício de montagem  |
| 2. Armadura                  | 6. Orifício de equalização | 10. Corpo da válvula     |
| 3. Êmbolo do orifício piloto | 7. Assento da válvula      | 11. Cobertura da válvula |
| 4. Orifício piloto           | 8. Diafragma               | 12. Ligação              |

**Figura 5.21:** Corte numa válvula de solenoide de 2 vias servo accionada de membrana. / Fonte: Danfoss

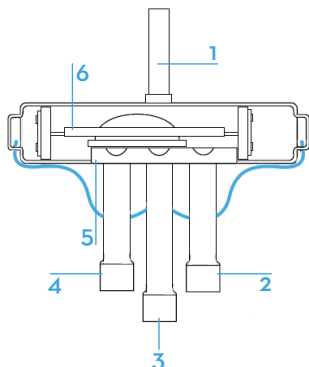
#### 5.2.3.5. Válvulas Inversoras de ciclo

**Descrição.** São equipamentos eletromecânicos usados nas bombas de calor dos sistemas de climatização para aquecimento dos espaços. Esta função é conseguida por meio da inversão do ciclo frigorífico, trocando as funções dos permutadores de calor (Evaporador/Condensador).



**Figura 5.22:** Válvula inversora de ciclo. / Fonte: Danfoss

**Constituição e Funcionamento.** Uma válvula de solenoide de quatro vias é constituída por uma parte mecânica e uma outra elétrica. A parte mecânica tem quatro tomadas externas que são instaladas no circuito de frio, um conjunto de capilares, e um núcleo móvel que estabelece a comunicação interna entre duas delas. A parte eletromagnética tem uma bobina que quando atuada faz deslocar o núcleo.



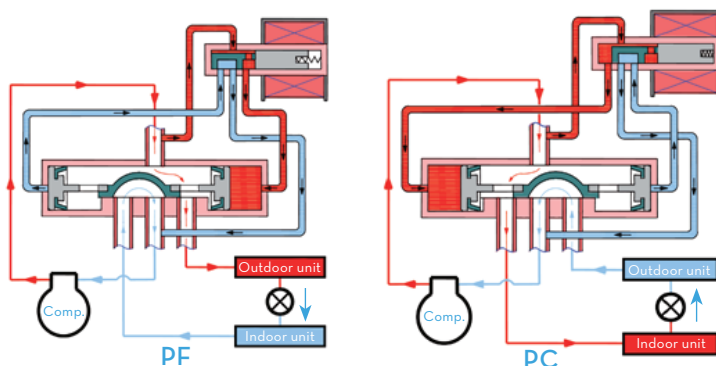
**LEGENDA DA FIGURA**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Ligação de descarga                 | 4. Ligação para condensador/evaporador |
| 2. Ligação para evaporador/condensador | 5. Corpo da válvula                    |
| 3. Ligação aspiração                   | 6. Cursor                              |

**Figura 5.23:** Corte de uma válvula de 4 vias. / Fonte: Danfoss

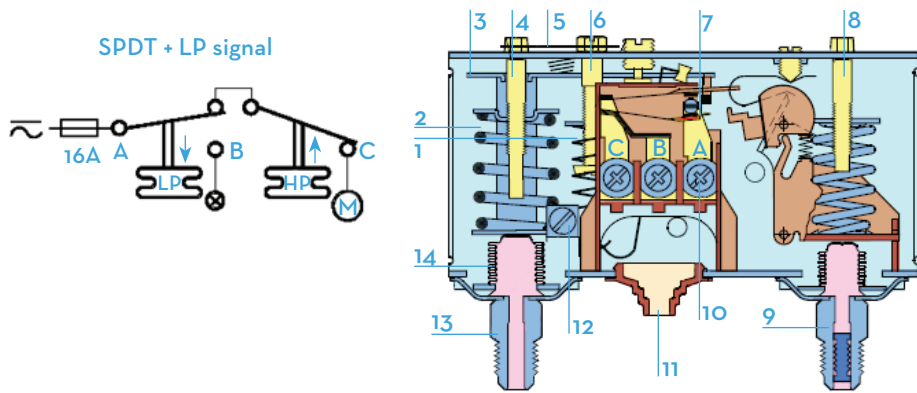
**1. Caso normal.** Quando em repouso da válvula, os capilares canalizam o vapor da descarga do compressor para uma das câmaras laterais da válvula, e o vapor a baixa pressão da aspiração para a outra câmara lateral. Nesta altura o êmbolo desloca-se no sentido de canalizar o gás de descarga para a unidade exterior e da unidade interior para a aspiração do compressor.

**2. Caso ativado.** Quando existe um sinal elétrico no solenoide, a posição dos níveis de pressão nas faces da válvula são invertidas. Como resultado existe um deslocamento do êmbolo, permitindo a ligação entre o vapor de descarga para a unidade interior, e o vapor de baixa pressão da unidade exterior para a aspiração do compressor.



**Figura 5.24:** Funcionamento da válvula inversora de ciclo:

Produção de Frio (PF) e Produção de Calor (PC). / Fonte: Danfoss



LEGENDA DA FIGURA

- |  |  |                             |
|--|--|-----------------------------|
| 1. Mola diferencial                        | 5. Placa de bloqueio                       | 10. Terminais               |
| 2. Mola principal                          | 6. Parafuso de ajuste do diferencial, Dif. | 11. Entrada de cabo         |
| 3. Braço principal                         | 7. Contato elétrico                        | 12. Terminal de terra       |
| 4. Parafuso de ajuste da baixa pressão, LP | 8. Parafuso de ajuste de alta pressão, HP  | 13. Ligação à baixa pressão |
|  | 9. Ligação à alta pressão                  | 14. Foles                   |

Figura 5.26: Corte de um pressostato combinado de alta e baixa pressão. / Fonte: Danfoss

O pressostato tem um comutador que oscila entre os terminais A-B-C, consoante a variação de pressão aos seus terminais.

*Lado da baixa (LP).* Quando a pressão no fole diminuir, o contacto passa para A-B e logo interrompe o circuito entre A-C (para o equipamento). Quando se regula o parafuso (1) no sentido crescente da escala graduada aumenta-se a pressão a que o equipamento vai ligar. Quando se regula o parafuso diferencial (2) na escala crescente diminui-se o valor da pressão de corte da máquina.

$$\text{Pressão arranque} = \text{Pressão de paragem} + \text{Diferencial de ajuste}$$

*Lado da alta (HP).* Quando a pressão no fole sobe, o contacto A-C abre, e logo interrompe o circuito (para o equipamento). Quando se regula o parafuso (8) no sentido crescente da escala graduada aumenta-se a pressão a que o equipamento vai desligar. O diferencial é fixo. Logo o valor de pressão para ligar o equipamento é o de corte menos o diferencial 4 bar.

$$\text{Pressão paragem} = \text{Pressão de arranque} + 4 \text{ bar.}$$

### 5.2.5. Termostatos

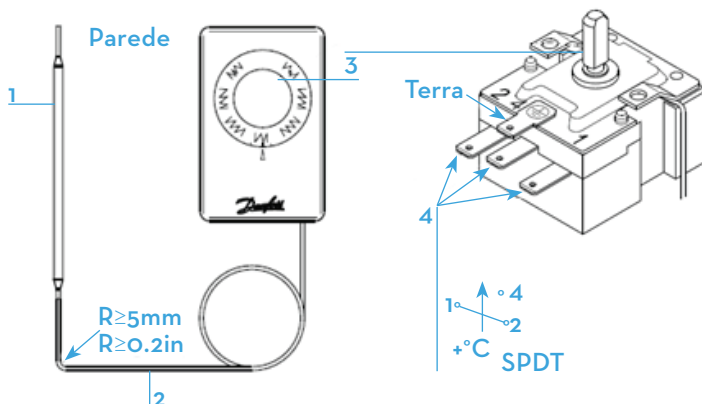
**Descrição.** São equipamentos de comando automático, que permitem o controlo da acção de uma máquina, por meio da conversão de um sinal térmico (variação de temperatura), em um sinal elétrico. São usados normalmente para comandar o funcionamento de válvulas de solenoide, de compressores, e de ventiladores, dentro de uma gama de temperaturas específica. São classificados quanto à sua estrutura interna e forma de conversão do sinal em

eletromecânicos ou eletrônicos. Os eletrônicos, formados com placas de circuitos integrados, recebem os sinais convertidos por sensores, onde se tira partido das propriedades que os materiais têm em variar as suas características elétricas com a temperatura. Nos eletromecânicos a estrutura interna de conversão do sinal é uma combinação entre a mecânica e a elétrica, e o sinal é convertido por meio de sensores, onde se tira partido da dependência entre a temperatura e a pressão dos fluidos. Dentro dos eletromecânicos ainda são encontrados, uns de maior aplicação do âmbito geral, ou universais, e outros mais específicos. Os universais são aplicados em instalações de ar condicionado, e os específicos são usados em instalações de congelação, de refrigeração e também em ar condicionado.



Figura 5.27: Tipos de termostatos. / Fonte: Danfoss

Constituição e Funcionamento do eletromecânico universal. São compostos por uma parte mecânica e outra elétrica. A mecânica é composta por um bolbo, com um capilar em cobre ou aço, e um mecanismo de regulação que permite acertar a temperatura de corte, “set” entre os -30 a 40°C, e um diferencial fixo “dif” de 2.3 K. A parte elétrica é composta por um contacto elétrico que oscila entre os terminais 1-2-4.



LEGENDA DA FIGURA

- 1. Bolbo
- 2. Capilar
- 3. Mecanismo de regulação
- 4. Contactos

Figura 5.28: Termostato universal. / Fonte: Danfoss

de uma posição normalmente aberta a uma outra normalmente fechada com uma posição de 90°. São encontradas em modelos simples apenas com corte da passagem de fluido, ou em modelos que têm uma possibilidade de ligação externa de pressão. Nas instalações de ar condicionado são usadas no isolamento de unidades terminais, ou uma outra qualquer parte do circuito hidráulico que se pretenda fazer uma qualquer intervenção.

São encontradas com os diâmetros de 1/4" a 4", com temperaturas de exercício de -10 a 120 °C, pressões máximas de PN25.



LEGENDA DA FIGURA

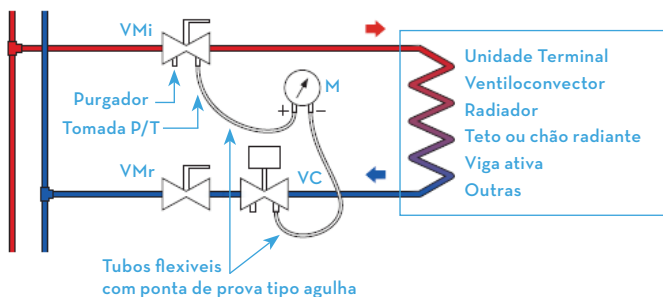
- |                     |                      |                 |
|---------------------|----------------------|-----------------|
| 1. Porca hexagonal  | 4. Anilha de pressão | 7. Bola         |
| 2. Manípulo         | 5. Corpo             | 8. Contra corpo |
| 3. Porca de pressão | 6. Assento           | 9. Eixo         |

**Figura 5.37:** Válvula de macho (A); Válvula de macho esférico com tomada de pressão (B); Válvula de macho esférico simples (C). / Fonte: Contimetra; Valcontrol

**Tabela 5.2:** Dimensões e coeficiente de passagem de válvula. / Fonte: Valcontrol

DN	Kv (m³/h)	DN	Kv (m³/h)	DN	Kv (m³/h)
1/4" (DN 10)	6.6	1" (DN 25)	34.0	2 1/2" (DN 65)	265.0
3/8" (DN 12)	6.6	1 1/4" (DN 32)	57.0	3" (DN 80)	415.0
1/2" (DN 15)	11.2	1 1/2" (DN 40)	80.0	4" (DN 100)	780
3/4" (DN 20)	21.0	2" (DN 50)	150.0		

Na figura seguinte mostra-se uma aplicação deste género de válvulas na medição do caudal de água num equipamento terminal de uma unidade de ar condicionado.



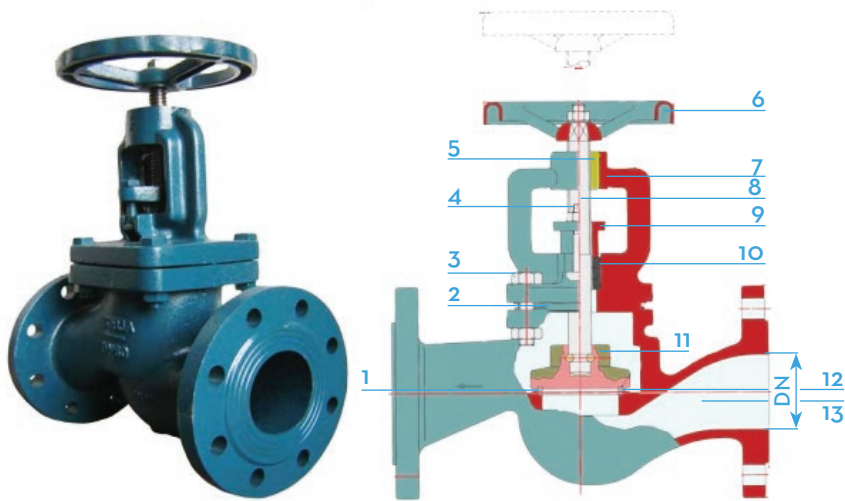
LEGENDA DA FIGURA

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| VMi. Válvula de macho esférico com purgador e tomada P/T | Vc. Válvula de controle |
| VMr. Válvula de macho esférico simples                   | M. Manómetro            |

**Figura 5.38:** Aplicação de válvulas de macho esférico de caudal de água. / Fonte: Contimetra



**Válvulas de globo.** São válvulas de regulação que podem trabalhar em qualquer posição de fecho parcial, em linhas de água e líquidos em geral. O nome de válvula está relacionado com o formato do corpo da válvula. Têm uma haste com uma extremidade interna que contem um disco, que controla a passagem do fluido por um orifício. São equipamentos que mesmo com uma abertura máxima, têm fortes perdas de carga. Podem trabalhar como equipamentos de regulação, conseguindo-se vedações completamente estanques em versões de tamanhos pequenos, onde o disco se apoia no assento sem folga. São válvulas de fecho mais rápido que as de gaveta, devendo-se respeitar o sentido do escoamento para que o fluido tenda a elevar o disco e a haste, diminuindo assim o risco de fugas pelas vedações. Consoante o formato do corpo, se em linha, em ângulo para uma mudança de direção ou em Y, assim são as variantes da válvula de globo.



**LEGENDA DA FIGURA**

- |                         |             |                     |
|-------------------------|-------------|---------------------|
| 1. Anilha do corpo      | 6. Volante  | 10. Epanque         |
| 2. Junta do corpo-tampa | 7. Tampa    | 11. Disco           |
| 3. Parafusos            | 8. Parafuso | 12. Anilha do disco |
| 4. Parafusos            | 9. Caixa    | 13. Corpo           |
| 5. Casquilho            |             |                     |

**Figura 5.39:** Válvula de globo. / Fonte: Valcontrol

São encontradas válvulas com diâmetros de DN15 a DN50 com os valores de Kv a oscilar entre 15 e 135 m<sup>3</sup>/h conforme a tabela seguinte.

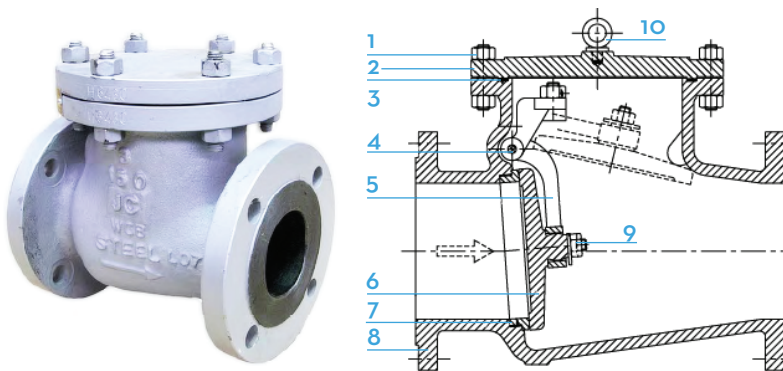
**Tabela 5.3:** Dimensões e coeficiente de passagem da válvula. / Fonte: Valcontrol

DN	Kv (m <sup>3</sup> /h)	DN	Kv (m <sup>3</sup> /h)
1/2" (DN 15)	22.3	1 1/4" (DN 32)	642.7
3/4" (DN 20)	42.8	1 1/2" (DN 40)	111.4
1" (DN 25)	80.5	2" (DN 50)	1970

### 5.3.2.4. Válvulas anti-retorno

São válvulas automáticas que funcionam pela ação do próprio fluido na instalação, garantindo que a sua circulação se estabelece apenas no sentido desejado, fechando-se sempre que existe uma inversão no seu escoamento. Só devem ser usadas mesmo quando necessárias, pois provocam uma perda de carga elevada na instalação. Alguns sítios de uso são nas linhas de saída da bomba, quando existe duas ou mais bombas em paralelo, com descarga para o mesmo coletor; na linha de recalque de um reservatório elevado, e na extremidade da linha de aspiração. Devem ser instaladas de forma que a ação da gravidade favoreça o fecho da válvula. De acordo com o tipo de fecho usado, assim são as suas variantes. Existem válvulas que o dispositivo de fecho é o género de um disco e recebem o nome de válvulas de portinhola, válvulas que o fecho é feito por um diafragma, e outras que este é feito por uma esfera. São encontradas válvulas em materiais como aço carbono, aço inoxidável, bronze, etc. Os diâmetros são também variáveis de acordo com o tipo de válvula e o tipo de material. Por exemplo encontram-se válvulas de portinhola com diâmetros de 1/2" a 4", em bronze e em aço carbono com diâmetros de 2 a 36"; e válvulas do tipo esfera com diâmetros de 1 1/4" a 3".

Na figura seguinte mostra-se uma válvula em aço carbono do tipo portinhola.



LEGENDA DA FIGURA

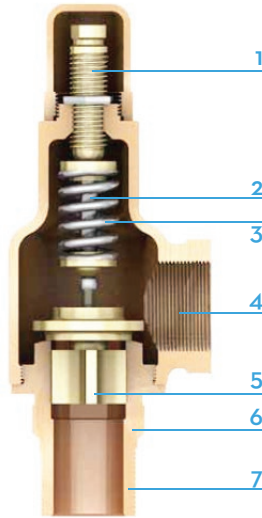
- |                              |                    |                         |
|------------------------------|--------------------|-------------------------|
| 1. Parafuso e porca da tampa | 5. Dobradiça       | 8. Corpo                |
| 2. Tampa                     | 6. Disco           | 9. Porca do disco       |
| 3. Junta                     | 7. Anel do assento | 10. Gancho de suspensão |
| 4. Pino da dobradiça         |                    |                         |

Figura 5.42: Válvula de retenção por portinhola normal. / Fonte: Valcontrol

Na tabela seguinte mostram-se os coeficientes de passagem para alguns tipos de válvula.

Tabela 5.5: Dimensões e coeficiente de passagem da válvula.

DN	Kv (m <sup>3</sup> /h)	DN	Kv (m <sup>3</sup> /h)	DN	Kv (m <sup>3</sup> /h)
1/2" (DN 15)	22.3	1 1/4" (DN 32)	642.7	2 1/2" (DN 65)	164.35
3/4" (DN 20)	42.8	1 1/2" (DN 40)	1114	3" (DN 80)	242.2
1" (DN 25)	80.5	2" (DN 50)	1970	4" (DN 100)	423.85

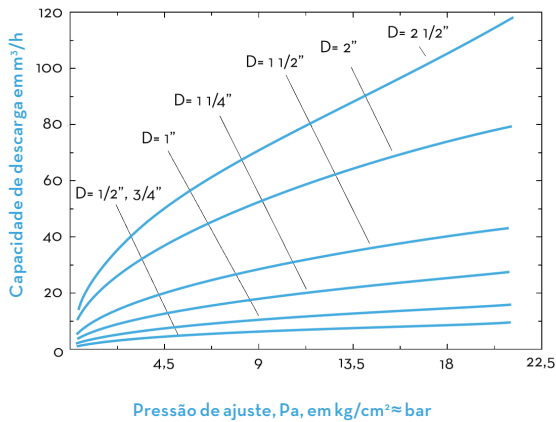


#### LEGENDA DA FIGURA

- |                           |                  |                    |
|---------------------------|------------------|--------------------|
| 1. Parafuso de compressão | 4. Saída roscada | 6. Base            |
| 2. Agulha                 | 5. Disco         | 7. Entrada roscada |
| 3. Mola                   |                  |                    |

**Figura 5.44:** Válvula de alívio. / Fonte: Walworth

Na figura seguinte mostra-se a relação entre a pressão de ajuste a capacidade de descarga da válvula.



**Figura 5.45:** Capacidade de descarga nas válvulas de alívio, para uma sobrepressão de 25%.

#### EXEMPLO

Para proteger um depósito de água que está sobrepressão, usa-se uma válvula com uma pressão de ajuste 9 kg/cm<sup>2</sup>, com uma capacidade de descarga de 20 m<sup>3</sup>/h, usa-se uma válvula com um diâmetro de 1 1/2", para uma sobrepressão de 25%.

os controlos anteriores é o número de ligações que as válvulas têm com as tubagens. Quando apenas existe duas ligações, os equipamentos recebem o nome de válvulas de duas vias, e quando têm três ligações chamam-se de três vias. No primeiro caso, mais simples, as válvulas controlam o fluido apenas no canal de passagem, deixando passar mais ou menos em função dos sinais recebidos. No segundo caso, o fluido tem mais que um trajeto, podendo o obturador controlar o caudal ou a temperatura da água. Quando as válvulas recebem dois caudais com estados energéticos diferentes e os misturam de forma a conseguir garantir um terceiro estado energético, recebem o nome de misturadoras. Quando as válvulas recebem um único caudal e o dividem em dois escoamentos possíveis, chamam-se de válvulas repartidoras.

Na figura seguinte mostra-se uma válvula de controlo de duas vias e outra de três vias. A de duas vias destina-se a circuitos térmicos de ventiloconvetores, radiadores, tetos e chão radiante, etc.. Com uma pressão PN16 a válvula controla a água quente ou fria, glicol, numa gama de temperaturas de 2 a 110 °C. É formada por um corpo em latão e veio e mola em aço inox. Com um atuador do tipo termoelétrico de pequena dimensão tem uma ação tudo-nada, sendo encontrada também com uma ação modelante. A válvula de três vias, do tipo misturadora, com um controlador de ação modelante de igual percentagem pode ser usada em circuitos de permutadores de calor e UTAs. Esta controla a água quente ou fria, glicol, numa gama de temperaturas de 5 a 120 °C. O corpo é em ferro fundido, o veio e o obturador são em aço inox. O tempo de atuação é de 150 segundos e o curso de 40 milímetros. Os diâmetros nominais da válvula vão de 2 1/2 a 6”.



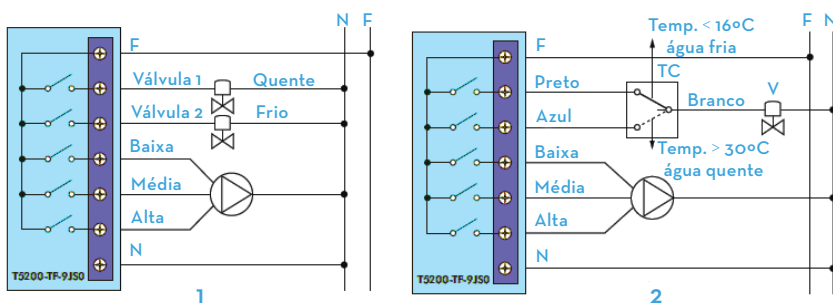
**Figura 5.52:** Válvulas de controlo de duas vias (1), três vias (2) e atuador (3). / Fonte: Contimetra

**Tabela 5.10:** Coeficiente de passagem das válvulas de controlo, em m<sup>3</sup>/h. / Fonte: Contimetra

Válvula A				Válvula B			
DN	KVs	ΔPmax (kpa)	Omax (l de litro)	DN	Kvs	ΔPmax (kpa)	Omax (m <sup>3</sup> /h)
1/2"	2.5	250	1000	2 1/2"	63	400	24
3/4"	5.0	200	1600	3"	100	350	39
1"	6.3	100	2500	4"	145	200	56
				5"	220	130	85
				6"	320	80	124

da água de ida e fecha quando a temperatura da água é superior a 30°C e abre quando é inferior a 16°C. O controlo da temperatura é feita a partir do parâmetro “set-point”, cujo valor fixo estabelece o regime de trabalho para as válvulas de aquecimento e de arrefecimento. Estas vão abrir quando o desvio da temperatura ambiente for superior a 1°C em relação à temperatura ajustado no “set”.

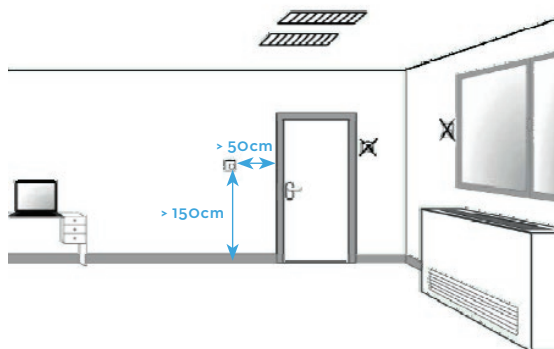
Válvula quente, abre para  $T_{amb} < T_{sp} - 1^{\circ}\text{C}$  e fecha quando  $T_{amb} > T_{sp}$   
 Válvula fria, abre para  $T_{amb} > T_{sp} + 1^{\circ}\text{C}$  e fecha quando  $T_{amb} < T_{sp}$



**Figura 5.54:** Esquema de ligação do termostato para quatro tubos (1) e para dois tubos (2). / Fonte:

Contimetra

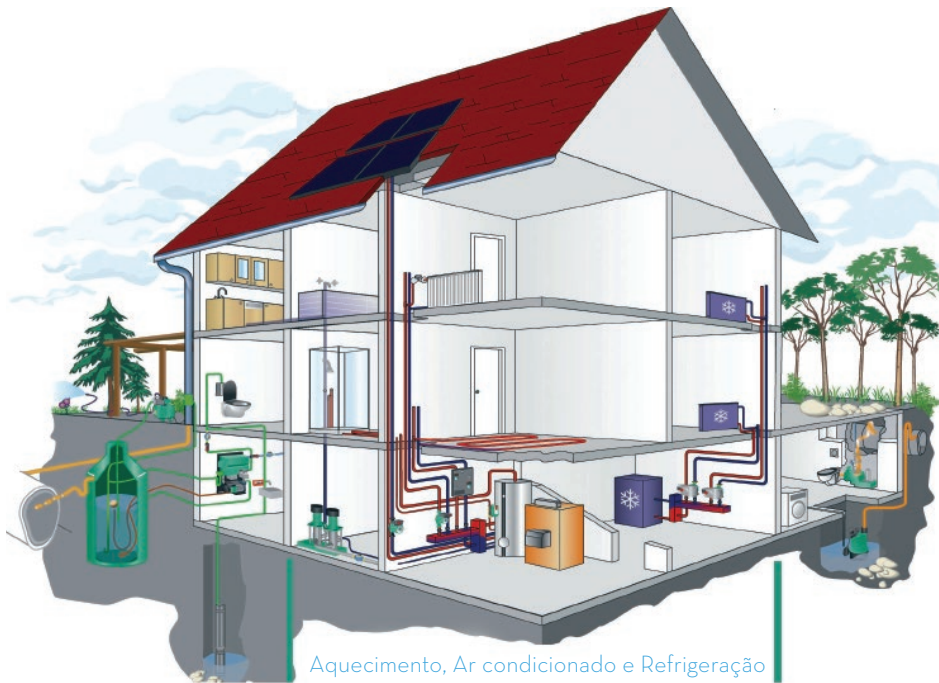
A instalação destes elementos deve ser feita respeitando as indicações dos fabricantes ficando a uma distância lateral de 50cm e 150 cm de altura.



**Figura 5.55:** Exemplo de localização de um termostato. / Fonte: Contimetra

**Pressostatos.** Nas redes de fluido secundário são usados pressostatos para o ar e para a água. Para ar são usados para monitorização de sobrepressão, subpressão e pressão diferencial de ar, sendo aplicados para verificação da colmatação de filtros, funcionamento de ventiladores, proteção de condutas, etc. Os pressostatos diferenciais de água são usados para monitorizar o caudal de água que passa através das bombas, caldeiras, chillers, válvulas, etc., podendo ser utilizados também na verificação do estado de colmatação de filtros. Na figura seguinte mostra-se um pressostato diferencial para ar composto por duas tomadas de pressão uma entrada de cabo elétrico e um parafuso para ajuste do diferencial. São

é comum a vários utilizadores. Quando uma instalação tem uma unidade térmica comum a vários utilizadores, localizada em espaço técnico próprio, e produz calor para o aquecimento ambiente e águas quentes sanitárias, chama-se normalmente de “aquecimento central”.



**Figura 6.1:** Localização de instalações de aquecimento e ar condicionado / Fonte: Wilo

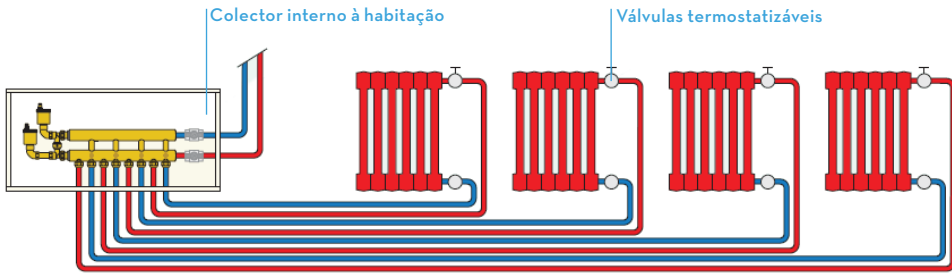
## 6.2.2. Instalações com caldeiras

### 6.2.2.1. Aspectos de caldeiras

No volume 1 desta obra foi feita uma descrição sobre caldeiras como equipamentos centralizados, onde foi incluído a sua classificação, constituição/funcionamento e alguns parâmetros que permitem a sua seleção. Neste volume inclui-se outros aspetos que complementam as matérias anteriores e de interesse prático à compreensão do tema, e sobretudo que permitem avaliar o rendimento deste género de instalações.

**Combustão.** Conforme já referido as caldeiras são máquinas geradoras de calor, que libertam energia térmica numa reação exotérmica e uns produtos da combustão conhecidos como gases residuais ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HC}$ ) por queima de um combustível quando estão em presença do oxigénio contido no ar. Numa combustão completa, com todo o combustível queimado, existe uma determinada quantidade de ar conhecido como ar teórico. No entanto para que isto aconteça é quase sempre necessário fornecer mais ar que o teórico, dando origem ao combustível residual. A relação entre estas duas quantidades de ar (real/teórico), é designada pela letra,  $\lambda$ , e chama-se de excesso de ar e determina se a combustão é ideal ou real.

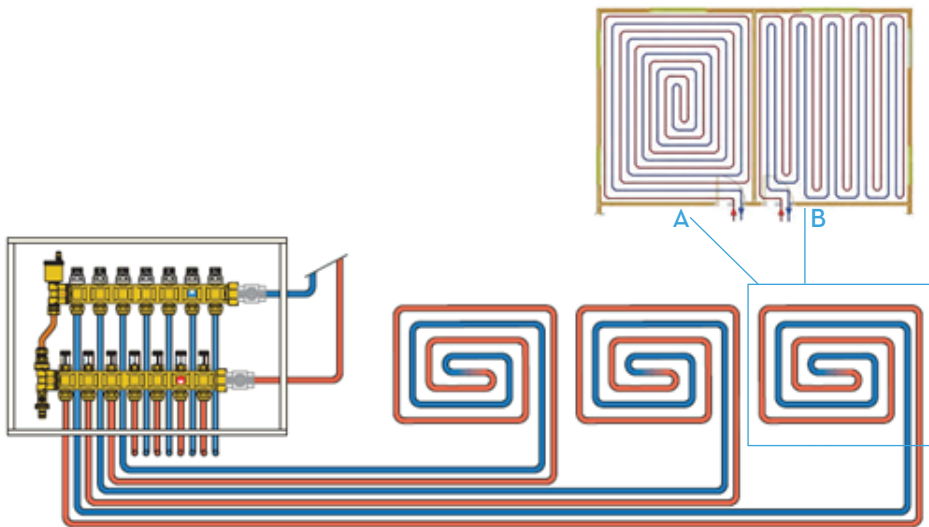
Outra forma de ligar os sistemas de aquecimento ambiente por radiadores é com o recurso a coletores de ida e de retorno. Assim, neste caso existem dois circuitos, um que vai da caldeira aos coletores (ida/retorno) e outro que circula entre os coletores e os radiadores. A forma como os radiadores são ligados ao coletor pode ser do tipo monotubo ou bitubo.



**Figura 6.10:** Instalação de aquecimento por radiadores com coletores de distribuição

/ Fonte: Marco e Mario Doninelli (Caleffi), Revista hidráulica nº 26

Como se referiu, as unidades terminais de aquecimento pode ser um piso radiante, as quais são normalmente ligadas por um sistema de bitubo, onde um coletor de ida faz a entrega da água às serpentinhas existentes em cada espaço e o coletor de retorno faz a recolha da água que vem das serpentinhas. Duas configurações comuns de tubos são em forma de espiral e em dupla serpentina.



**Figura 6.11:** Instalação de aquecimento por chão radiante com coletores de distribuição.

A: Espiral. B: Dupla serpentina.

/ Fonte: Marco e Mario Doninelli (Caleffi), Revista hidráulica nº 26

**Tabela 6.2:** Necessidades diárias em litros.

DCN: Dias de consumo normal. DMC: Dias de maior consumo. VA: Volume aconselhado.

Ocupantes	DCN (litros)	DMC (litros)	VA (litros)
1 - 2	90	150	150
3 - 4	150	240	200 a 240
5 - 6	195	340	300

Para o caso do aquecimento do ar ambiente o valor da potência térmica útil é determinado com base na carga térmica de aquecimento da habitação. Esta carga pode ser estimada com base nos métodos indicados no volume 1. O caudal de água quente que circula pela caldeira é determinado pela relação seguinte.

$$m_a = \frac{Q_u}{C_p \times (T_s - T_e)}$$

Onde:

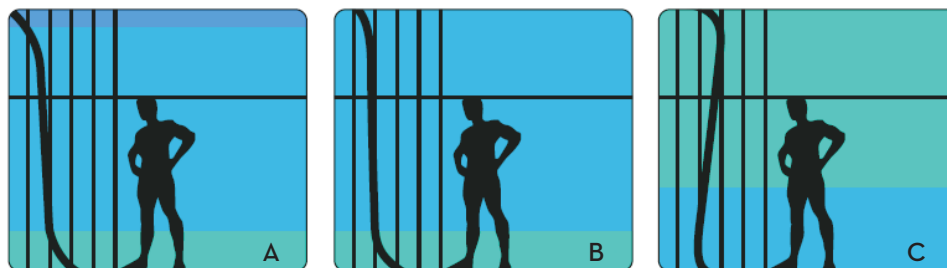
$m_a$  = Caudal de água em kg/s;

$T_s$  = Temperatura de saída da água para os equipamentos terminais em °C (40 a 60°C para AQS e 45 a 88 °C para AQ).

$T_e$  = Temperatura de entrada da água na caldeira em °C

$C_p$  = Calor específico da água em kJ/(kg°C) (aprox. 4.18)

O uso do pavimento radiante é uma técnica que tem demonstrado apresentar um perfil de temperatura mais próximo do ideal, quando comparado com o sistema de radiadores.



**Figura 6.15:** Perfil de temperatura para:

A: Sistema ideal. B: Sistema por pavimento radiante. C: Sistema por radiadores. / Fonte: Uponor

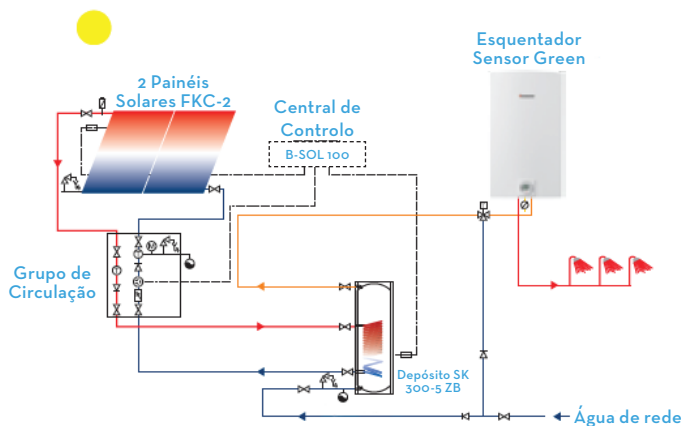
O dimensionamento dos circuitos do pavimento radiante é feito de forma independente (quarto, cozinha, etc.), para permitir uma regulação independente da temperatura. O cálculo do comprimento de tubo de cada circuito determina-se pela relação seguinte.

$$L = \frac{A}{e} + 2 \times l$$

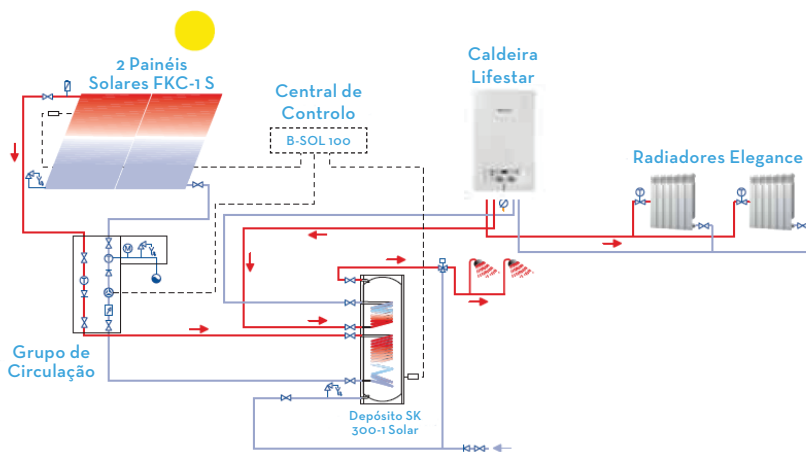


Uma outra aplicação simples de águas quentes sanitárias usa um grupo de circulação no primário, para fazer circular o fluido entre os painéis e o depósito acumulador e um sistema de apoio com recurso a um esquentador ou a uma caldeira. Neste sistema as trocas de calor quer no interior dos painéis como no depósito de acumulação ocorrem pelo efeito da convecção forçada, onde o fluido primário absorve a energia térmica da placa quente do painel e a entrega ao fluido secundário. Este por sua vez pode circular, no interior do depósito acumulador, que contata com uma serpentina mais quente, onde circula o fluido primário (exemplo seguinte); ou no exterior ao depósito através de um permutador de calor externo. Como vantagens deste sistema com depósitos verticais, está associada uma poupança de energia devido à diminuição das perdas, pelo uso do depósito no interior, e a existência de estratificação, e também o uso da prioridade ao sol. Associado às desvantagens está o maior custo e uma instalação mais difícil.

Da mesma forma que a instalação de termostato esta simples de circulação forçada também pode ser adaptada a uma solução mista de AQS e AQ.



**Figura 6.24:** Sistema individual de AQS com circulação forçada com depósito com uma serpentina / Fonte: Vulcano



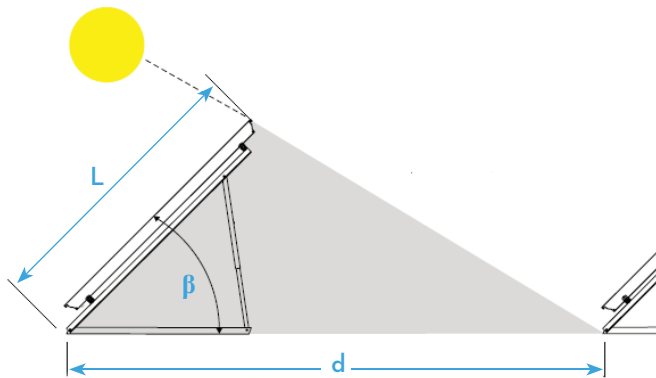
**Figura 6.25:** Sistema individual de AQS e AQ com circulação forçada com depósito com duas serpentinhas / Fonte: Vulcano

A colocação dos painéis no solo deve ser feita de forma a evitar as sombras. Deve-se evitar os sombreamentos por obstáculos vizinhos (edifícios, chaminés, árvores, etc.). Quando existirem varias filas de coletores, deve-se respeitar uma distância entre elas. Esta deve ser feita de forma que às 12:00 horas do dia mais desfavorável (altura mínima no Solstício de Inverno) a sombra da aresta superior de uma fila tem que se projetar no máximo sobre a aresta inferior da fila seguinte:

$$d = L \times \left[ \frac{\text{sen}\beta}{\text{tan}\alpha_s} + \text{cos}\beta \right], \quad \alpha_s = 90 - \varnothing - 23.45$$

Onde:

- d = Distância entre filas em m;
- $\beta$  = Inclinação do coletor em  $^\circ$ ;
- $\varnothing$  = Latitude do lugar em  $^\circ$ ;
- L = medida do painel em m;



**Figura 6.30:** Distância entre as filas de coletores. / Fonte: Vulcano

Como regra geral considera-se que para instalações em piso horizontal, é necessário que a distância para coletores com um comprimento  $L = 2$  m, nunca seja inferior a 4,5 m. Para maiores detalhes devem ser feitos estudos solares para evitar as perdas de rendimento associadas pela falta da incidência da radiação direta. Aconselha-se o leitor a pesquisar documentação específica como Peuser e outros (2005) e Duffie e Beckman (1980).

### EXEMPLO

Os painéis do exemplo anterior, instalados numa latitude de  $37^\circ\text{N}$ , com  $52^\circ$  de Inclinação, no Solstício de Inverno (22 de Dezembro), devem ser instalados com uma distância de 4 m.

$$\alpha_s = 90 - \varnothing - 23.45 = 90 - 37 - 23.45 = 29.55^\circ$$

$$d = L \times \left[ \frac{\text{sen}\beta}{\text{tan}\alpha_s} + \text{cos}\beta \right] = 2 \times \left[ \frac{\text{sen}52}{\text{tan}29.55} + \text{cos}52 \right] = 4 \text{ m}$$

## 6.3. INSTALAÇÕES DE VENTILAÇÃO

### 6.3.1. Descrição e classificação

A ventilação permite substituir uma determinada quantidade de ar, considerada indesejável para uma determinada aplicação, por uma outra com melhores condições.

No âmbito da sua aplicação ao conforto térmico humano permite restabelecer as condições atmosféricas num ambiente que foi alterado pela presença do homem, e arrefecer o ambiente no Verão e aquecer no Inverno.

Quando a sua aplicação for manter a saúde e segurança humana, vai permitir reduzir as concentrações no ar de gases, vapores, partículas e poeiras em geral nocivas, até valores propícios à saúde humana. Permite ainda, manter as concentrações dos agentes atmosféricos anteriores, quando inflamáveis ou explosivos, fora das faixas de inflamabilidade ou de explosividade.

Para aplicações em conservação de materiais e equipamentos, permite reduzir o aquecimento de motores elétricos, maquinas, etc. e isolar cabines elétricas, não permitindo entrada de vapores, gases ou poeiras inflamáveis, com a finalidade de se evitar explosão, por meio de faíscas elétricas.

A ventilação pode ser feita de forma natural, sem recurso a meios mecânicos, ou de uma forma forçada por meio de ventiladores, também chamada de mecânica. A ventilação mecânica pode ser feita de uma forma ambiental, quando existe uma total renovação do ar de um espaço com outro vindo diretamente do exterior, ou de uma forma localizada, captando o ar contaminado no local de produção, evitando assim que este se espalhe por todo o espaço vizinho.

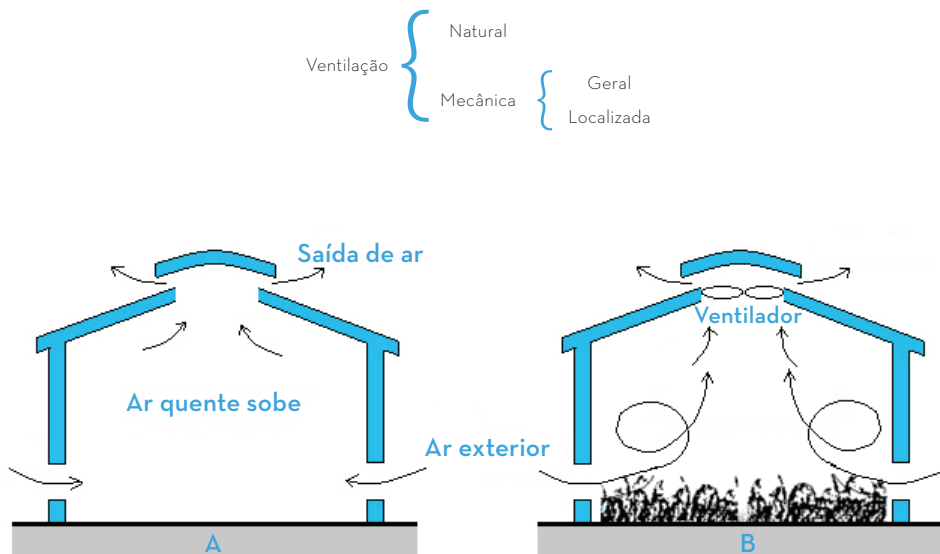
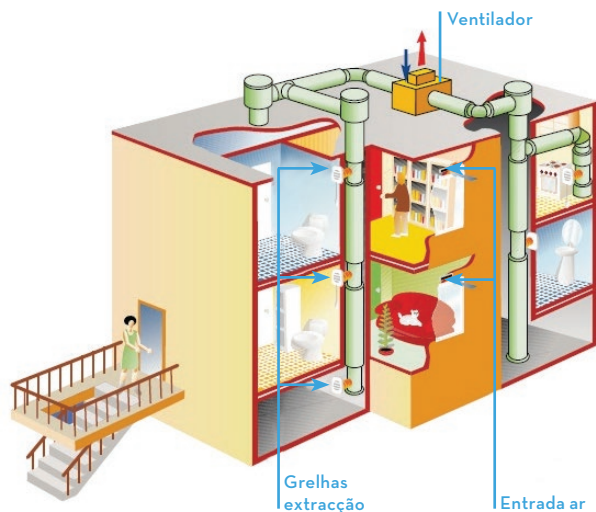


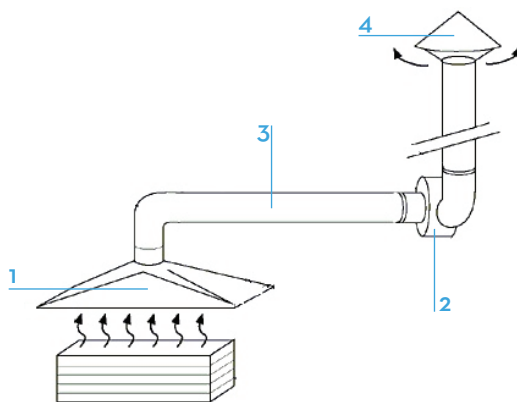
Figura 6.36: A: Ventilação natural. B: Ventilação mecânica simples / Fonte: S&P



**Figura 6.41:** Ventilação centralizada / Fonte: S&P

### 6.3.3.2. Localizados

Como já referido a ventilação localizada, tem como objetivo a captação do ar contaminado no local de produção, evitando assim que este se espalhe por todo o espaço vizinho. Este método deve ser preferido ao método industrial sempre que possível, e sendo usado no caso de sistemas industriais com emissão de produtos tóxicos. Uma das principais vantagens de estes sistemas é o uso de menores caudais de ar que o sistema de ventilação geral. São normalmente compostos por um sistema localizado de captação de poluentes, por uma conduta de transporte do ar contaminado com um ventilador de extração e pelos acessórios associados à rede de condutas.



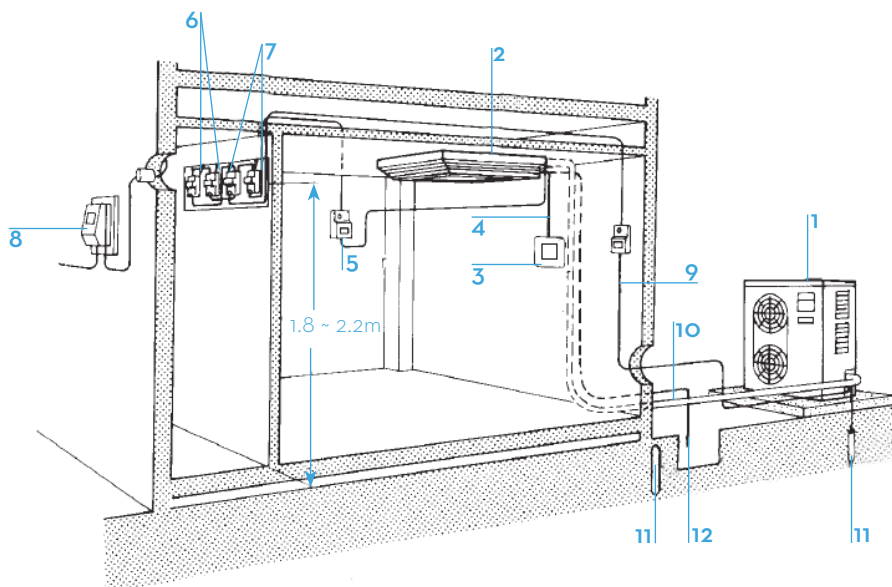
#### LEGENDA DA FIGURA

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1. Sistema de captação | 3. Conduto de extração |
| 2. Ventilador          | 4. Chapéu de proteção  |

**Figura 6.42:** Ventilação localizada / Fonte: S&P

#### 6.4.1.2. Sistemas Splits e Multiplit

As instalações com *splits* são normalmente constituídas por uma unidade interior, que contem o evaporador, e por uma exterior, que contem o compressor e o condensador. As unidades são ligadas pelos tubos de líquido e de vapor e por uma cablagem elétrica e um sistema de proteção elétrico. Os *multisplits* são constituídos por uma unidade exterior e por várias unidades interiores, que podem assumir diversas configurações (mural, cassete, e de condutas). O funcionamento das máquinas assenta na compressão mecânica de vapor, onde o fluido evaporado no permutador interior absorve a carga térmica ao espaço a arrefecer a um nível baixo de temperatura de evaporação (cerca 4 a 6°C) e vai condensar num permutador exterior a um nível mais alto de temperatura de condensação (cerca de 45°C com condensação a ar). O aumento de pressão entre estes dois níveis de temperatura é assegurado por um compressor e a redução por um dispositivo de expansão, que pode ser um capilar ou uma válvula de expansão do tipo termostático.



#### LEGENDA DA FIGURA

- |                                  |                          |                      |
|----------------------------------|--------------------------|----------------------|
| 1. Unidade condensadora exterior | 5. Interruptor           | 9. Cabo de ligação   |
| 2. Unidade evaporadora interior  | 6. Disjuntor diferencial | 10. Tubo de ligação  |
| 3. Controlo remoto               | 7. Disjuntor             | 11. Ligação de terra |
| 4. Cabo de ligação do controlo   | 8. Contador de energia   | 12. Tubo de esgoto   |

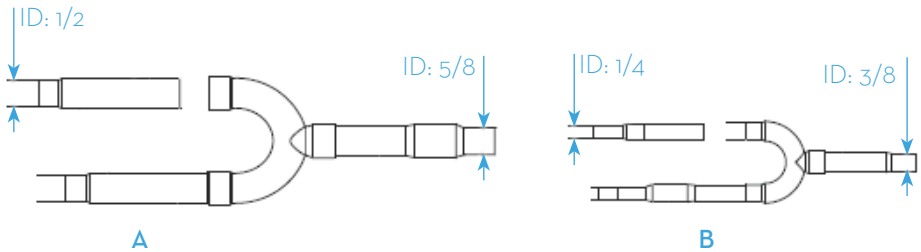
Figura 6.51: Instalação normal de um split. / Fonte: Daikin

#### 6.4.1.3. Sistemas VRV

**Descrição.** VRV (“Variable refrigerante volume”). Volume de refrigerante variável é a designação atribuída a este género de instalações de climatização, que permitem regular o funcionamento da instalação de acordo com as necessidades térmicas de cada zona.

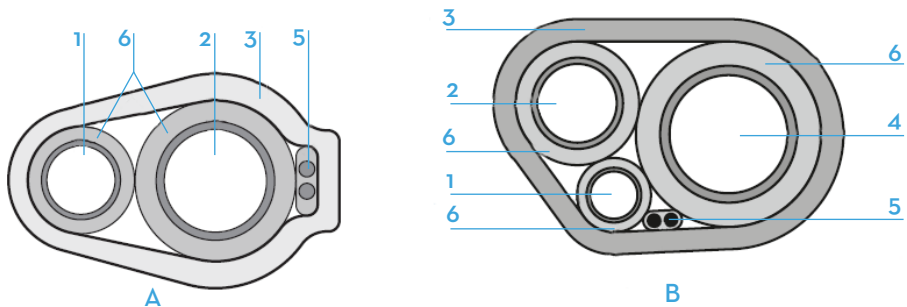
Os dispositivos de expansão são normalmente do tipo válvula eletrónica, que permite uma constante regulação de caudal de fluido ao evaporador de forma a responder às necessidades térmicas. A capacidade de controlar independentemente cada zona condicionada, permite dum modo diferenciado refrigerar ou aquecer zonas distintas de acordo com as suas necessidades, e duma forma bastante económica, ajusta a capacidade de carga para a remoção de calor pontual do local.

Uma rede de tubos para o transporte de fluido líquido e uma outra para o vapor vão ligar a unidade exterior às unidades interiores, existindo derivações do líquido e do vapor ao longo da rede, com dimensões específicas de acordo com as potências de transporte associadas.



**Figura 6.53:** A: Derivação da linha de aspiração; B: Derivação da linha de líquido. / Fonte: Lennox

Os tubos são reunidos em conjuntos de dois para sistemas sem recuperação de calor e de três, para os sistemas com recuperação de calor.

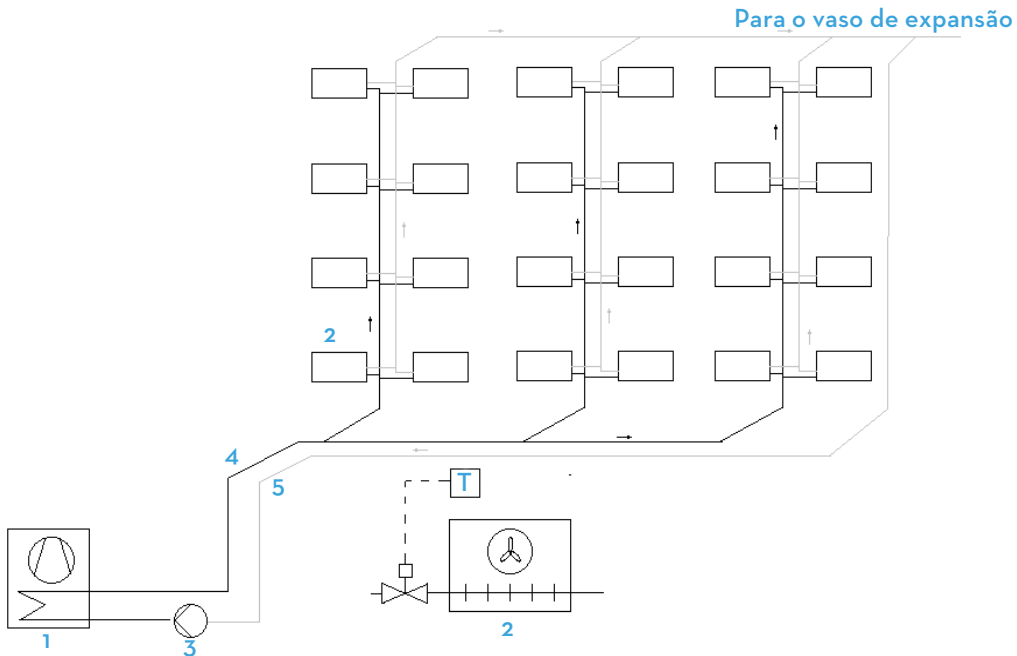


**LEGENDA DA FIGURA**

- |                      |                                   |                            |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1. Tubo de líquido   | 3. Fita de acabamento             | 5. Cablagem de transmissão |
| 2. Tubo de aspiração | 4. Tubo gás de alta/baixa pressão | 6. Isolante                |

**Figura6.54:** A: Sistema de dois tubos sem recuperação de calor;  
B: Sistema de três tubos com recuperação de calor. / Fonte: Lennox

O comprimento das tubagens é uma limitação ao uso deste género de equipamento. Distâncias totais de tubos na ordem dos 100 m, são normalmente verificadas pelos fabricantes, como um condicionalismo de uso e diferenças de alturas entre unidades (exterior e interior mais baixa) de 50 m são também estabelecidas. Normalmente uma separação máxima vertical entre unidades interiores de 15 m costuma também ser



#### LEGENDA DA FIGURA

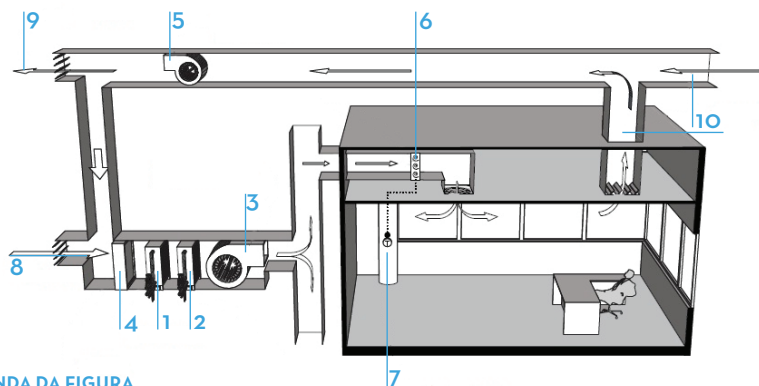
- |                                  |                  |                    |
|----------------------------------|------------------|--------------------|
| 1. Chiller                       | 3. Bomba de água | 5. Tubo de retorno |
| 2. Ventiloconvector a dois tubos | 4. Tubo de ida   |                    |

**Figura 6.58:** Instalação tudo água a dois tubos de retorno invertido. / Fonte: Adaptado de Trane

#### 6.4.2.3. Sistema a três tubos

Nos arranjos a três tubos existe um tubo de alimentação a cada ventiloconvector que transporta água quente, outro que transporta a água fria e um tubo de retorno comum. A instalação pode funcionar em modo misto, com alguns espaços em aquecimento e outros em arrefecimento. Na figura seguinte mostra-se um destes arranjos, onde o retorno é feito de forma invertida, proporcionando iguais perdas de carga nas diversas trajetórias (unidade central-terminal). Cada unidade terminal usa uma válvula de três vias com uma entrada ligada ao tubo de água fria outra entrada ligada ao tubo de água quente e uma saída ligada à serpentina da bateria do ventiloconvector. Em funcionamento normal a válvula permite a entrada de água quente ou de água fria em quantidades variáveis, mas não permite uma mistura dos dois fluidos.

Este sistema apresenta o inconveniente dos custos de operação, quer no arrefecimento como no aquecimento, uma vez que existe um retorno comum. Por exemplo se parte da instalação estiver a funcionar em modo frio com água fria a entrar a 10°C e a sair dos equipamentos terminais a 15°C e outra em modo de aquecimento com entrada a 35°C e saída a 30°C, uma temperatura intermedia de 22°C, resultante da mistura poderá circular no retorno. Este nível térmico (22°C) dará origem a um maior custo no arrefecimento em lugar dos 15°C e maior no aquecimento em lugar dos 30°C.

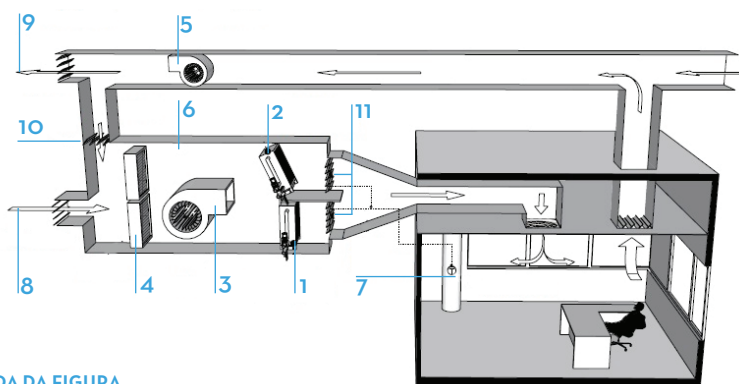


#### LEGENDA DA FIGURA

- |  |   |                   |
|--|---|-------------------|
| 1. Bateria de aquecimento                      | 4. Filtro de ar                             | 7. Termostato     |
| 2. Bateria de arrefecimento                    | 5. Ventilador de retorno (caudal constante) | 8. Ar exterior    |
| 3. Ventilador de insuflação (caudal constante) | 6. Bateria de reaquecimento                 | 9. Ar de exaustão |
|  |   | 10. Ar de retorno |

**Figura 6.62:** Sistema de volume de ar quente constante, VAC. / Fonte: Ashrae, Indoor Air Quality Guide

Na figura seguinte mostra-se um sistema volume constante e temperatura variável, do tipo multizona de dois andares. Do ponto de vista da ventilação, é semelhante ao anterior, com reaquecimento, proporcionando o ar exterior a várias zonas a partir de uma unidade de tratamento centralizada. A temperatura do ar é variável de forma a satisfazer os ganhos de calor pelos equipamentos, iluminação, pelas condições exteriores (sol, temperatura, vento, etc.) e pessoas. A unidade de tratamento é composta por uma secção de tomada de ar exterior com registos para controlo do ar, uma secção de ventilador de ar de impulsão situado antes das baterias e a seguir à secção de mistura do ar, uma secção de baterias de água quente e fria dispostas de uma forma paralela, a partir das quais são geradas uma corrente de ar frio e uma outra de ar quente. Registos de mistura das correntes de ar frio e de ar quente são controlados por termostatos ambientes de cada zona para regular a temperatura do ar ambiente.



#### LEGENDA DA FIGURA

- |                             |                          |                             |
|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1. Bateria fria             | 5. Ventilador de retorno | 9. Ar de exaustão           |
| 2. Bateria quente           | 6. Filtro                | 10. Registo de recirculação |
| 3. Ventilador de insuflação | 7. Termostato            | 11. Registo de zona         |
| 4. Filtro                   | 8. Ar exterior           |                             |

**Figura 6.63:** Sistema de volume de ar constante, VAC, tipo multizona. / Fonte: Ashrae, Indoor Air Quality Guide



Um exemplo são os sistemas de fusão interna formados por um reservatório isolado a polipropileno cheio de água e por um permutador de calor alimentado com água glicolada. Durante o processo de congelação a água solidifica dum modo regular, começando pela superfície dos tubos, evitando assim danos nos reservatórios.

No processo de descongelação, o gelo começa a fundir do exterior para o interior.

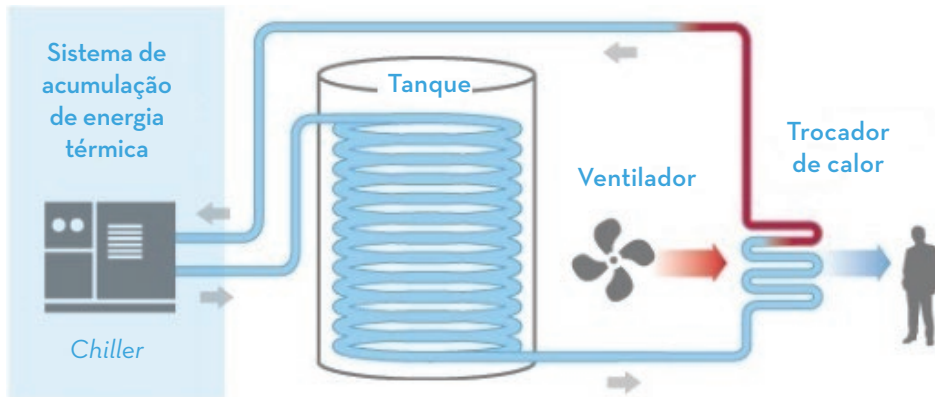
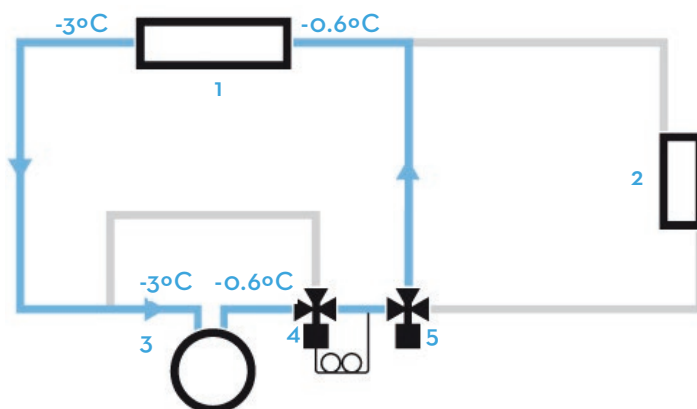


Figura 6.69: Sistema típico de acumulação de energia térmica. / Fonte: Calmac

Os depósitos são ligados em serie com um *chiller* que produz o gelo durante o período da noite, e são descarregados durante o dia.

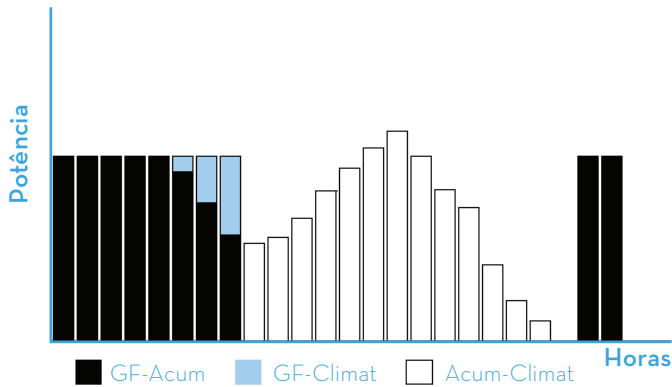
**Carga:** Durante a noite, a mistura de água glicolada circula entre o *chiller* e o acumulador de gelo. A solução é arrefecida pelo *chiller* a valores na ordem dos  $-3^{\circ}\text{C}$ , e ao passar pelos tubos do permutador situados no banco de gelo começa a congelar toda a água que lá se encontra.



LEGENDA DA FIGURA

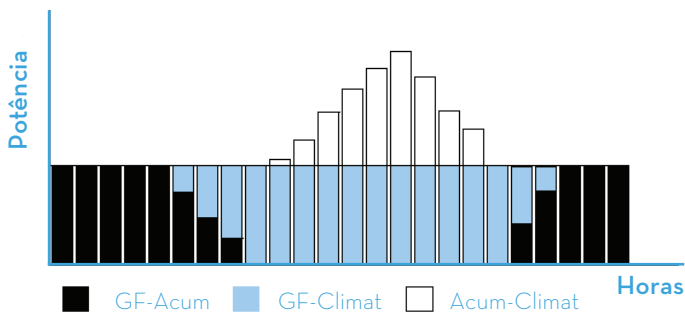
- 1. Chiller
- 2. Bateria de arrefecimento
- 3. Banco de gelo
- 4. Válvula de regulação
- 5. Válvula de comutação

Figura 6.70: Ciclo de carga de um banco de gelo. / Fonte: Calmac



**Figura 6.72:** Acumulação total. GF-Acum, funcionamento para acumulação; GF-Clim, funcionamento/descarga para climatização, / Fonte: Adaptado de CCE

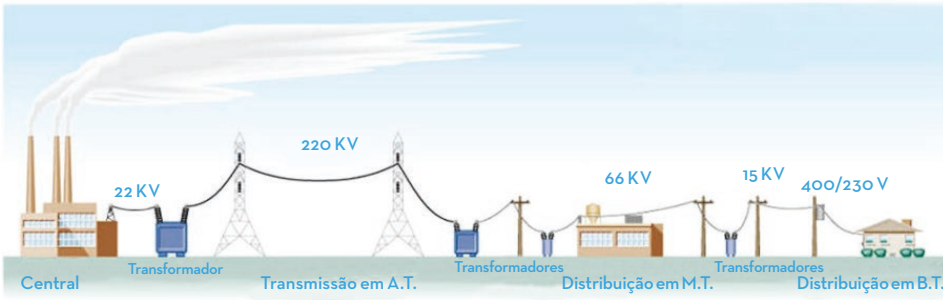
Na situação de armazenamento parcial, a acumulação térmica apenas permite satisfazer uma parte das necessidades de frio nas horas de ponta, sendo complementadas pelo funcionamento do *chiller*. Esta situação reduz as necessidades de armazenamento e a capacidade dos *chillers*, com impactos nos respectivos custos de implementação, muito embora não reduza significativamente os custos de exploração dos sistemas. Uma estratégia com nivelamento de cargas, permite o funcionamento dos *chillers* sempre à mesma potência durante todo o dia.



**Figura 6.73:** Acumulação parcial com nivelamento de cargas. / Fonte: Adaptado de CCE

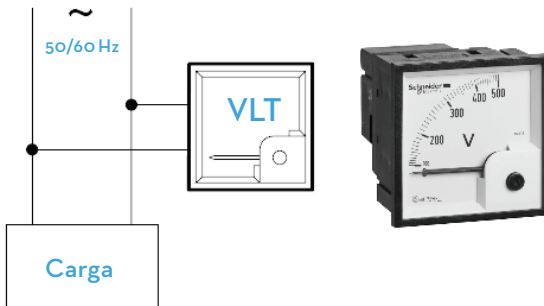
Dado a que as necessidades de arrefecimento dos espaços não são constantes ao longo do ano, é normal existirem sistemas que operam segundo as duas estratégias anteriores. Funcionam em armazenamento parcial na estação quente e armazenamento total durante o resto do ano. Também a máxima capacidade de deslocar cargas não é a melhor estratégia de controlo. Desta forma torna-se necessário de identificar em cada instante a estratégia de controlo mais eficiente para satisfazer as necessidades de arrefecimento dos espaços.

A definição da estratégia passa por dar prioridade ao *chiller* ou ao armazenamento, de forma a otimizar sempre a capacidade armazenada, isto é, utilizá-la sempre por forma a minimizar os custos de exploração.



**Figura 7.1:** Exemplo de tensões numa rede de distribuição.

Os equipamentos usados para medir esta grandeza elétrica são os Voltímetros e têm uma resistência elétrica muito alta devendo ser ligados em paralelo com os equipamentos a medir. Quanto mais elevada for a resistência interna dos aparelhos, menor será a corrente que por eles atravessa, e logo não alteram as características de funcionamento do circuito. Estes equipamentos caracterizam-se pela sua resistência específica em **ohm/volt ( $\Omega/V$ )**, onde para se obter a sua resistência basta multiplicar esse valor pelo campo de medida.



**Figura 7.2:** Medição da tensão com voltímetro analógico. / Fonte: Schneider

### EXEMPLO

Se a resistência específica de um equipamento for de  $100 \Omega/V$ , para um campo de medida de 0 a 500 V obtém-se uma resistência de

$$100 \frac{\Omega}{V} \times 500V = 50\,000 \Omega$$

Uma outra grandeza elétrica, que também vem medida em Volt (V), é a força eletromotriz de um gerador. Designa-se pela letra E ou f.e.m., e mede-se também através de um voltímetro aos terminais do gerador com um funcionamento em vazio. Uma vez em carga a tensão aos terminais do gerador tende a diminuir ligeiramente, com a passagem externa das cargas do potencial mais alto para o mais baixo. Internamente o gerador tem a capacidade de fechar o circuito fazendo passar as cargas do potencial mais baixo para o mais alto. Esta ação que o equipamento desenvolve internamente de forma a manter a diferença de potencial aos seus terminais é conhecida como a força eletromotriz.

## EXEMPLO

Um ar condicionado do exemplo anterior, com  $27 \Omega$  de resistência elétrica, quando percorrido por uma corrente de  $8.5 \text{ A}$ , dissipa uma potencia calorífica de

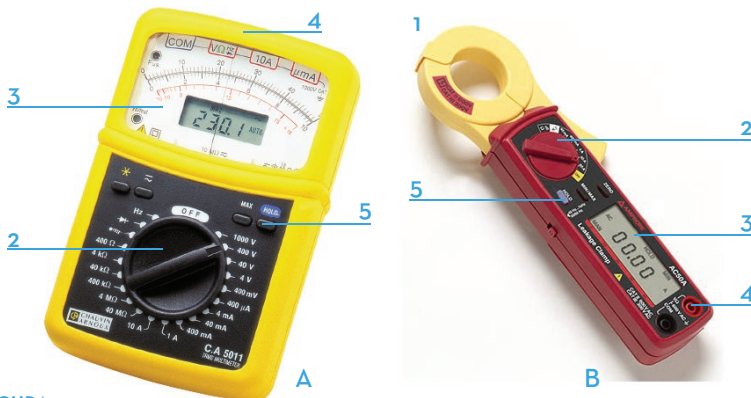
$$P = R \times I^2 = 27 \times 8.5^2 = 1951 \text{ W}$$

O funcionamento deste equipamento em contínuo durante 24 horas diárias tem uma dissipação calorífica de:

$$P = \frac{E}{t}, \quad E = P \times t = 1951 \times 24 = 46824 \text{ Wh/dia}$$
$$\text{ou } \frac{46824}{1000} = 46.82 \text{ kW ou } 46.82 \times 3600 = 168552 \text{ kJ/dia}$$

### 7.2.1.5. Equipamentos práticos em AVAC

Anteriormente foi referido as diversas formas individuais de obter as principais grandezas elétricas. No entanto em termos práticos e sobretudo no âmbito do AVAC, são usados multímetros ou pinças multimétricas, que contêm as várias funções num único equipamento. Os equipamentos normais, que se usam ao nível do AVAC, medem a resistência ohmica, a tensão e a corrente elétrica que circula por um determinado equipamento, em escalas diferentes. Quase todos os equipamentos podem medir as grandezas elétricas em corrente continua ou em corrente alternada. Estes têm uma escala ohmica para continuidades com indicador sonoro e outras que podem ir até  $40 \text{ M}\Omega$ . As escalas de corrente podem variar de dezenas de amperes a valores de mili amperes para a medição de correntes de fuga à terra. As escalas de tensão variam também dos  $\text{mV}$  aos  $\text{V}$ .



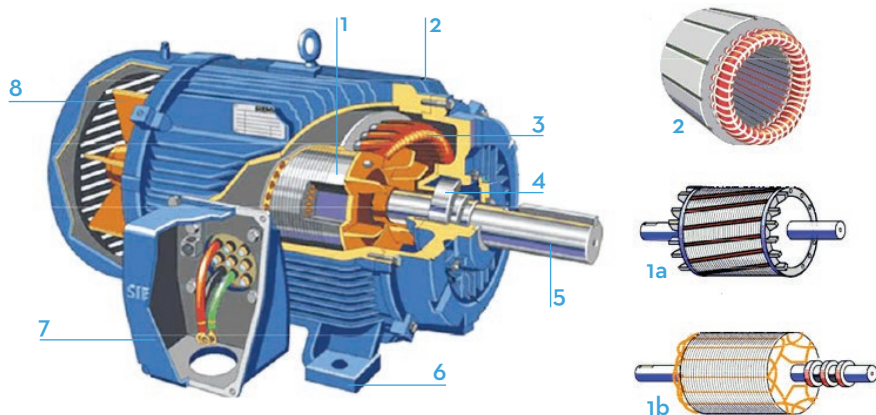
LEGENDA DA FIGURA

1. Pinça amperimétrica
2. Seletor de funções
3. Mostrador
4. Tomadas de ligação de cabos
5. Botão de memorização de dados

Figura 7.9: A: multímetro misto analógico e digital; B: pinça multimétrica digital. / Fonte: Chauvin arnoux; amprobe.

### 7.3.2.1. Motores assíncronos trifásicos

**Descrição.** Os motores assíncronos são máquinas elétricas rotativas que transformam a energia elétrica em energia mecânica. O estator destas máquinas é normalmente constituído por uma carcaça de aço, com umas ranhuras isoladas umas das outras, onde está alojado o enrolamento trifásico. Num dos extremos do motor existe um ventilador que serve para dissipar o calor gerado pelo efeito de joule e pelos atritos mecânicos, que ocorrem durante o processo de conversão da energia. No interior da máquina existe o rotor apoiado em ambos os extremos por uns rolamentos, que pode ser do tipo bobinado ou em gaiola de esquilo. Este último, mais usado no âmbito do AVAC, é formado por umas barras condutoras em alumínio dispostas paralelamente entre si e unidas nos extremos por dois anéis de alumínio. No interior das barras condutoras estão alojadas um conjunto de chapas ferromagnéticas isoladas entre si. O rotor bobinado é muito menos usado, sendo constituído por um núcleo ferromagnético laminado, sobre o qual são colocadas as espiras, ligadas normalmente em estrela.



#### LEGENDA DA FIGURA

- |              |                       |                                |
|--------------|-----------------------|--------------------------------|
| 1. Rotor     | 5. Veio               | 8. Ventoinha                   |
| 2. Carcaça   | 6. Pé                 | 1a. Rotor em gaiola de esquilo |
| 3. Estator   | 7. Caixa de Terminais | 1b. Rotor bobinado             |
| 4. Rolamento |                       |                                |

**Figura 7.31:** Motor assíncrono trifásico. / Fonte: adaptado de Tuveras.com

**Funcionamento e parâmetros.** Estas máquinas são chamadas de motores de campo girante e arrancam por si não necessitando de nenhum condensador. O princípio de funcionamento assenta na lei de Laplace, que diz “sempre que um condutor, ou uma espira percorrido por uma corrente, é colocado sob a ação de um campo magnético, exerce-se sobre ele uma força que o faz movimentar num determinado sentido”. Quando este princípio for aplicado a um conjunto de espiras permite uma continuidade de rotação devido à inversão contínua no binário de forças produzido.

Desta forma quando o estator for alimentado por correntes trifásicas produz-se um campo magnético girante que origina o aparecimento de um campo rotórico resultando o movimento no sentido do campo girante.

## 7.4. PROTEÇÃO E COMANDO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

### 7.4.1. Conceitos base

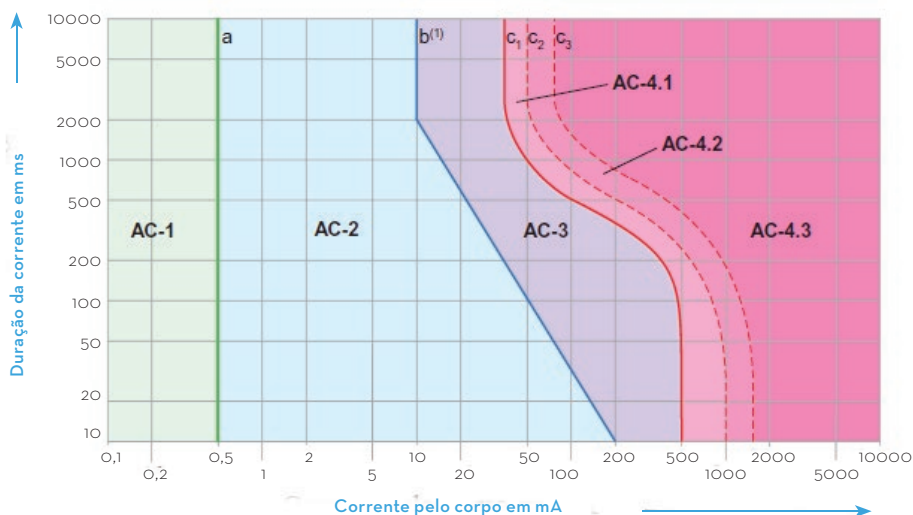
Todos os equipamentos elétricos que estão associados às redes de AVAC devem ser protegidos pelos efeitos acidentais da utilização da energia elétrica, bem como as pessoas que utilizam estes equipamentos. Os equipamentos devem ser protegidos dos danos que surgem pelo funcionamento da máquina fora do seu regime normal, e as pessoas dos efeitos acidentais provocados pelos contatos diretos ou indiretos com a energia elétrica.

No caso das máquinas devem ser protegidas das sobrecargas, dos curto-circuitos e também das sobretensões e falta de tensão. Da mesma forma as canalizações das instalações devem ser protegidas contra os fenómenos de sobrecarga e curto-circuitos.

#### 7.4.1.1. Efeitos da corrente elétrica

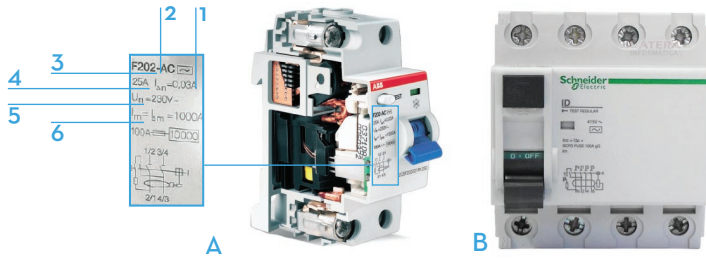
A corrente elétrica ao passar sobre o corpo humano causa certos efeitos que podem manifestar-se apenas por pequenas reações a grandes danos, causando contrações musculares, queimaduras e ações sobre o coração.

Estudos tem sido feitos relacionando a corrente, o tempo de passagem e as reações, e quantificados a partir de um gráfico onde são definidas quatro zonas de risco.



**Figura 7.44:** Curvas de intensidade tempo dos efeitos da corrente alternada de 15 a 100 Hz sobre o corpo humano. (1) para corrente com menos de 10 ms, o limite da corrente que passa pelo corpo para a linha b, permanece constante a 200 mA. / Fonte: Legrand

Ambos os equipamentos diferenciais têm um mecanismo de manobra mecânica capaz de estabelecer ou de interromper a corrente no circuito de uma forma voluntária sempre que for necessário. São fabricados com dois polos para proteção monofásica e com quatro polos para uma proteção trifásica (interruptores e disjuntores).

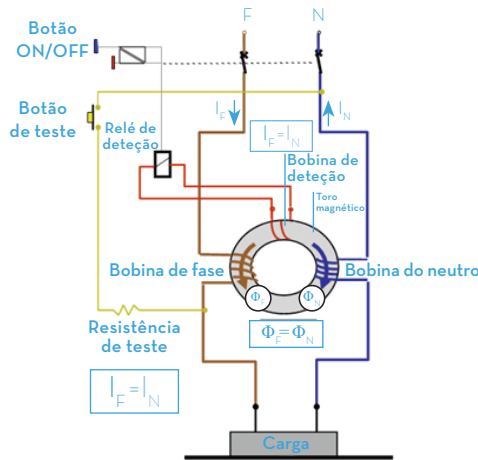


**LEGENDA DA FIGURA**

- 1. Sensibilidade
- 2. Tipo
- 3. Número de Polos
- 4. Calibre
- 5. Tensão estipulada
- 6. Poder de fecho e de corte estipulado

**Figura 7.56:** A: Interruptor diferencial monofásico. B: Interruptor diferencial trifásico. / Fonte: ABB, Schneider

Os interruptores têm um mecanismo diferencial que vai atuar em caso de fuga de corrente do equipamento para a terra. O mecanismo diferencial dos monofásicos é constituído por três bobinas enroladas num núcleo toroidal. Uma das bobinas está ligada à fase a outra ao neutro e a terceira bobina, permite a deteção da fuga, e vai acionar o disparo. Durante o funcionamento normal, a corrente de fase é igual à corrente de neutro, e logo não existe fuga à terra. Nesta situação os fluxos magnéticos gerados pela corrente de fase e de neutro são iguais e opostos (anulam-se), e logo não geram correntes no enrolamento de deteção. Quando ocorre uma fuga à terra, a corrente de neutro é inferior à corrente de fase, dando origem ao aparecimento de variação de fluxo e logo a uma corrente induzida na bobina de deteção que vai acionar o mecanismo de disparo.



**Figura 7.57:** Princípio de funcionamento de um interruptor diferencial. / Fonte: Araújo LP

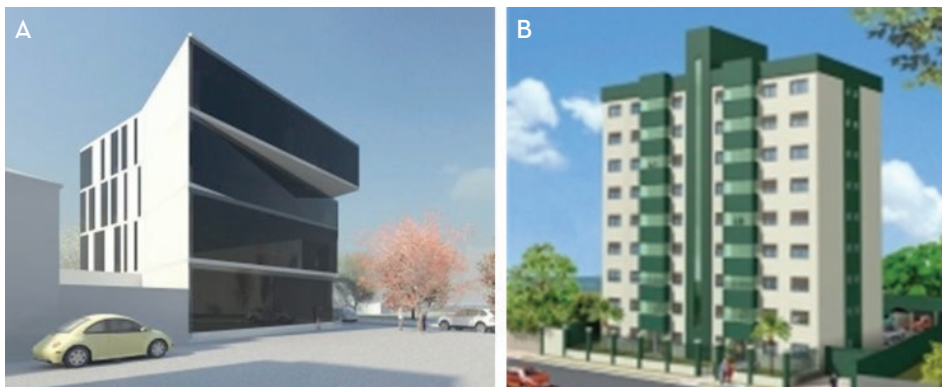
## 8.3. INTRODUÇÃO AO CONTROLO DE CONSUMO NOS EDIFÍCIOS

Paralelamente aos serviços de manutenção das instalações energéticas de um edifício, que têm como função garantir o seu estado funcional de forma eficiente, existe a componente de gestão energética. Esta se deverá ocupar de analisar estratégias o seu estado de funcionamento energético, analisar novas soluções mais eficientes tendo em conta a evolução do mercado técnico, em termos de novos sistemas e equipamentos mais eficientes.

### 8.3.1. Principais consumidores de energia

Os consumos primários associados aos edifícios estão relacionados com a eletricidade, os combustíveis fósseis (gás, gasóleo) e a água, que são distintos para a atividade lá desenvolvida. Estas formas de energia que entram nos edifícios vão ser usadas para satisfazer as diversas necessidades dos seres humanos (cozinhar, lavar, iluminar, conforto térmico, etc.).

Quanto aos consumos energéticos, e atividades relacionadas, os edifícios são divididos em residenciais e de serviços.

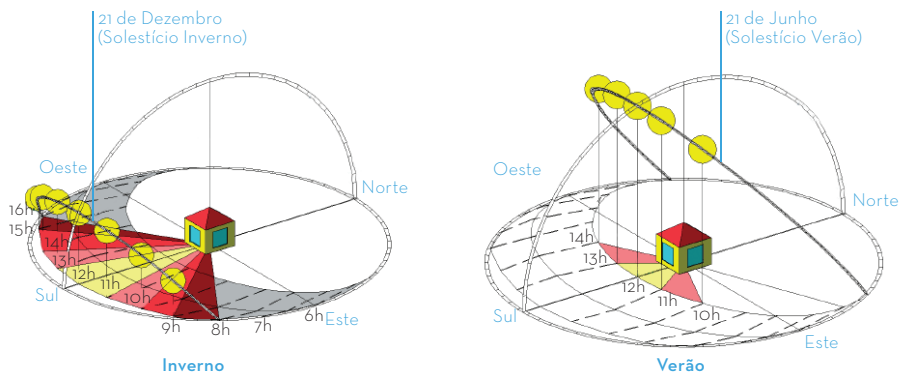


**Figura 8.4:** A: edifícios de serviços. B: Edifício residencial.

#### 8.3.1.1. Edifícios residenciais

O conforto dos edifícios residenciais está associado a consumos de energia que tem aumentado ao longo do tempo com o desenvolvimento tecnológico. As necessidades de higiene, as básicas alimentares, o conforto térmico e o uso dos equipamentos de entretenimento têm sofrido desenvolvimentos e têm sido postos gradualmente à disposição dos utilizadores. Dentro do domínio da higiene são englobados os consumos de água fria e quente, nas básicas alimentares, são englobados o gás do fogão, eletricidade dos frigoríficos, etc. O conforto térmico, está ligado aos consumos elétricos no aquecimento e arrefecimento, e no entretenimento os consumos com as televisões, sistemas de som TV, e outros como os computadores pessoais, consumos de eletrodomésticos como a máquinas de lavar e secar, etc.

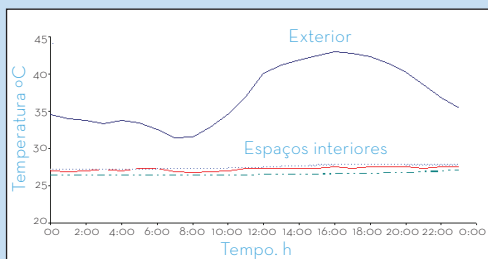




**Figura 8.12:** Trajetória solar para uma fachada orientada a Sul. / Fonte: Hélder Gonçalves, João Graça, 2004

### EXEMPLO

Uma moradia residencial localizada num clima temperado como o Sul de Portugal, foi construída com certos cuidados bioclimáticos de forma a reduzir os consumos energéticos com a climatização. Num dia de Verão com valores de temperatura exterior a oscilar entre os 30 e os 43°C, as temperaturas interiores mantiveram-se praticamente constantes a valores na ordem dos 27°C.



**Figura 8.13:** Construção bioclimática. / Fonte: Casa Oásis

As paredes exteriores têm uma construção predominante dupla com 3 cm de isolamento em poliestireno, conduzindo a um coeficiente global de troca de calor de,  $U=0.60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$ , três vezes inferior ao regulamentar ( $1.8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$ ). Na Lage de pavimento leva também 3 cm de isolamento e na cobertura de 6 cm de roofmate pelo exterior, conduzindo a um valor de  $U=0.70$  a  $0.40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$ , que é também mais baixo que o regulamentar ( $1.25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$ ).

Os envidraçados, orientados a Sul, são duplos incolores de baixa emissividade ( $U=1.7 \text{ W}/\text{m}^2\text{°C}$ ), com caixilhos em PVC com corte térmico, e com fatores solares de 0.04 a 0.22.

# AVAC, UM MANUAL DE APOIO

## COMPLEMENTOS

### Sobre a Obra

O aquecimento, ventilação e ar condicionado são as três funções que se encontram associadas à palavra AVAC. Esta é reconhecida como a tecnologia usada pelo homem para criar as condições propícias ao conforto ambiental nos edifícios e meios de transporte. A maquinaria usada em AVAC é integrada em redes próprias de fluidos, de forma a transportar o calor entre meios com condições distintas, garantindo a temperatura, humidade e qualidade do ar interior.

Os sistemas e equipamentos de controlo usados nas redes de transporte de fluidos e o tipo de instalações que são formadas com a diversa maquinaria de AVAC, são temas complementares ao primeiro volume desta obra e fundamentais na área. A componente elétrica, luminotécnica, e de manutenção e gestão de sistemas são também assuntos importantes que são abordados neste livro.

Estruturado em quatro capítulos este segundo volume de AVAC apresenta a informação de maior relevo dentro da temática anterior, que se enquadra nos programas de ensino universitário e profissional e também das exigências para a certificação dos TIM.

Este livro destina-se a todos os técnicos do setor, aos estudantes do ensino profissional e superior no apoio das disciplinas relacionadas com esta área.

### Sobre o Autor

**António José da Anunciada Santos** licenciou-se em Engenharia Mecânica - ramo Térmica - pela Universidade do Algarve, em 2002, e obteve o Doutoramento no Departamento de Engenharia Energética e Mecânica de Fluidos, pela Universidade de Sevilha, em 2008, reconhecido em Portugal, em 2016, pela Universidade de Aveiro.

Em 2017 obteve o certificado de categoria I, no Centerm, para o manuseamento de gases fluorados com efeito de estufa de acordo com o Reg (UE) 2015/2067.

Trabalhou na fabricação e assistência técnica de móveis frigoríficos, na empresa Frimóvel, e como diretor técnico na área da refrigeração comercial e industrial na empresa Qualifrio. Trabalhou em projetos de investigação e desenvolvimento ligados às questões energéticas em edifícios (hotéis, edifícios residenciais e piscinas). Fez a reconstrução e exposição de uma bancada experimental didática para refrigeração e climatização na feira Educa Angola 2013 e participou no desenvolvimento de diversos cursos de formação no setor da refrigeração e ar condicionado.

É Formador desde 1998 nas áreas da Eletricidade, Refrigeração e Ar Condicionado, com serviço prestado no Instituto do Emprego e Formação Profissional (IEFP), em Faro, no Instituto Médio Politécnico do Sambizanga, em Luanda, no Centro de Formação Profissional para a Indústria Térmica, Energia e Ambiente (APIEF), na IXUS, Formação e Consultadoria, Lda. e na Academia de Formação da Rolear e no Instituto de Soldadura e Qualidade, ISQ.

Publicou, ainda, vários artigos na ASME International Solar Energy Conference e na revista Tecnoalimentar, e os livros "O Frio no Setor Alimentar", "Refrigeração - Manual de apoio ao ensino e à profissão (Volumes I e II)", "Bombas e Instalações Hidráulicas" e "Princípios da Rega Agrícola".

### Apoio à Edição



Também disponível em formato e-book



ISBN: 978-989-892-710-1



9 789898 927101

[www.engebook.pt](http://www.engebook.pt)