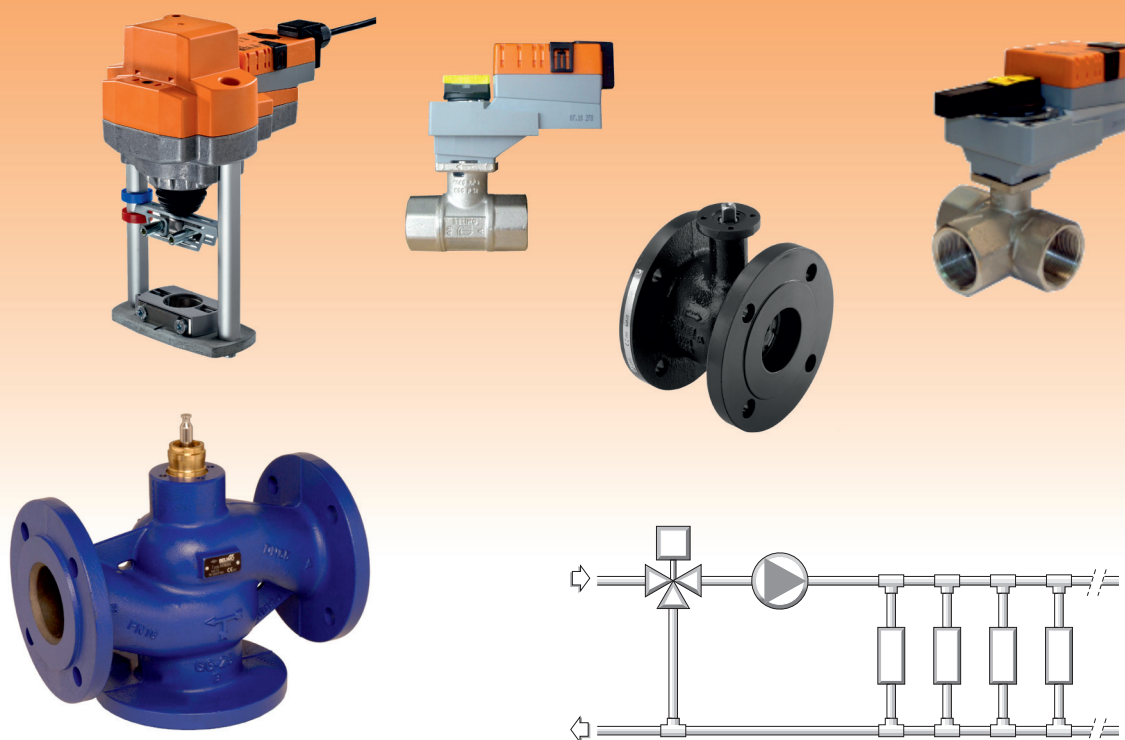


# VÁLVULAS DE CONTROLO PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS



Rua do Proletariado 15-B - 2790-138 CARNAXIDE  
tel. 214 203 900 arcondicionado@contimetra.com www.contimetra.com



Rua Particular de São Gemil 85 - 4425-164 MAIA  
tel. 229 774 470 arcondicionado@sistimetra.pt www.sistimetra.pt

## VÁLVULAS DE CONTROLO

Em sistemas de AVAC ar-água - em que a energia térmica é transportada pela água e transferida ao ar através de serpentinas nas unidades de tratamento do ar (UTA's) - é necessário um controlo contínuo da potência térmica transferida de modo a atingir, em cada instante o balanço térmico nas condições de conforto pretendidas.

Com o objectivo de se conseguir uma linearidade entre a transferência térmica num permutador água-ar e a variável de controlo (por exemplo a temperatura do ar à saída desse permutador) é necessário dimensionar a válvula de controlo - de modo a adaptar as suas características hidráulicas ao circuito onde irá ser instalada.

Com este propósito incluímos neste capítulo algumas considerações técnicas específicas das válvulas de controlo onde encontra a terminologia, as definições e o correcto dimensionamento das mesmas na aplicação atrás referida.

Contimetra - Sector de Ar Condicionado

O Director Técnico

A. Sampaio

## ÍNDICE

<b>1. Parâmetros característicos</b>	
1.1	Característica de funcionamento . . . . . 1
1.2	Diâmetro nominal (DN) . . . . . 1
1.3	Pressão Nominal (PN) . . . . . 1
1.4	Coeficiente de passagem ( $K_{vs}$ ) . . . . . 1
1.5	Gama de temperaturas de funcionamento . . . . . 2
1.6	Perda de carga ao caudal nominal máximo ( $\Delta p_{V100}$ ) . . . . . 2
1.7	Perda de carga ao caudal "nulo" ( $\Delta p_{V0}$ ) . . . . . 3
1.8	Autoridade da válvula de controlo ( $A_v$ ) . . . . . 3
1.9	Perda de carga máxima ( $\Delta p_{V0}   \text{máx}$ ) . . . . . 3
1.10	Fuga . . . . . 3
<b>2. Dimensionamento das válvulas de controlo</b>	<b>4</b>
2.1	Situações mais frequentes - Exemplos . . . . . 5
<b>3. Exemplo de aplicação</b>	<b>6</b>
3.1	Dimensionamento das válvulas de controlo - Cálculos (exemplo) . . . . . 7

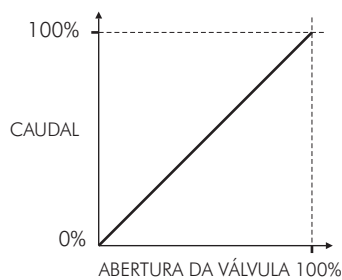
## VÁLVULAS DE CONTROLO

### 1. Parâmetros característicos

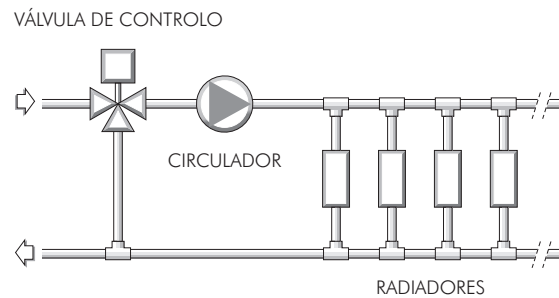
**1.1 Característica de funcionamento:** gráfico que relaciona a abertura de válvula com o caudal resultante mantendo constante a pressão diferencial.

Em AVAC as válvulas de controlo mais utilizadas têm uma das seguintes características:

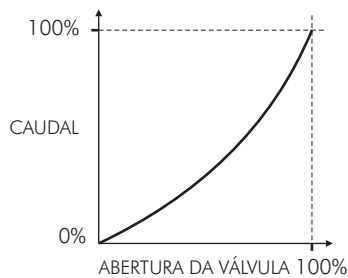
#### Característica linear - Circuitos de mistura de água quente



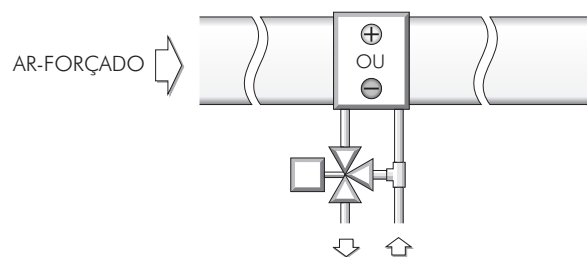
Exemplo de aplicação:



#### Característica de igual percentagem - Permutadores água-ar ou água-água



Exemplo de aplicação:



**1.2 Diâmetro nominal (DN)** - Define o tamanho da válvula e o seu valor corresponde aproximadamente ao diâmetro interior de passagem. Habitualmente é apresentado em **milímetros** ou polegadas.

DN	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
POLEGADAS	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"

**1.3 Pressão nominal (PN)** - Define a pressão operacional máxima que a válvula pode suportar na gama de temperaturas -10 a +120°C. A unidade usada habitualmente é o **Bar**.

Valores habituais: **PN6; PN10; PN25; PN40**.

**1.4 Kvs** - É o coeficiente de passagem da válvula. Define-se como sendo o caudal de água (em m³/h) que flui através da válvula - totalmente aberta - quando a perda de carga é igual a 1 **Bar**.

Genericamente

$$K_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p_v}}$$

**Q** - Caudal de água em m³/h

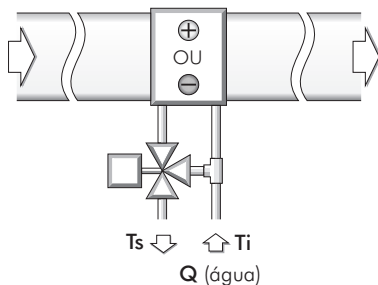
$\Delta p_v$  - Perda de carga na válvula em **Bar**

**Aplicação** - O Kvs permite determinar a perda de carga provocada pela válvula de controlo na condição de transferência da potência térmica máxima (P<sub>T100</sub>).

**Valores habituais do K<sub>VS</sub>** - Os valores na zona sombreada são os parâmetros mais usados.

DN	15					20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
POLEGADAS	1/2"					3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
Kvs	-	0,1	0,16	0,25	0,4	4	6,3	10	16	25	63	100	160	250	400
	0,63	1,0	1,6	2,5	4	6,3	10	16	25	40					

**Exemplo: Permutador água-ar (bateria de água quente ou fria numa UTA)**



$$\Delta t = T_s - T_i$$

T<sub>i</sub> - Temperatura de entrada da água

T<sub>s</sub> - Temperatura de saída da água

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{P_T \text{ (Kw)}}{1,163 \times \Delta t \text{ (}^\circ\text{K)}}$$

↑  
OU  
↓

$$Q \text{ (l/h)} = \frac{P_T \text{ (Kcal/h)}^{(*)}}{\Delta t \text{ (}^\circ\text{K)}}$$

(\*) 1 Kw=860Kcal/h

Q - Caudal de água

P<sub>T</sub> - Potência térmica transferida

Δt - Diferencial de temperaturas na água

**Perda de carga na válvula de controlo à potência máxima**

$$\Delta p_{V100} = \left( \frac{Q_{100}}{K_{VS}} \right)^2 ; \quad Q_{100} = \frac{P_{T100}}{1,163 \times \Delta t}$$

Δp<sub>V100</sub> (Bar) - Perda de carga na válvula toda aberta

Q<sub>100</sub> (m<sup>3</sup>/h) - Caudal de água com a válvula toda aberta

P<sub>T100</sub> (Kw) - Potência térmica transferida com a válvula toda aberta

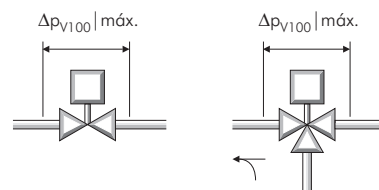
**1.5 Gama de temperatura de funcionamento** - define os limites de temperatura do fluido - água tratada ou água glicolada - entre os quais a válvula pode funcionar.

**1.6 Perda de carga Δp<sub>V100</sub>|máx.** - É a perda de carga máxima quando a válvula está toda aberta contra a qual o actuador da válvula consegue operará-la e sem que haja deterioração da mesma.

**Nota:**

Acima desta perda de carga máxima a velocidade da água é de tal modo elevada que pode dar origem aos fenómenos de:

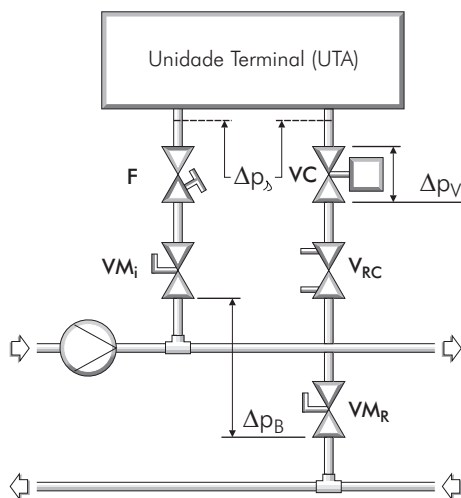
- Cavitação ; Erosão.



**1.7 Perda de carga  $\Delta p_{V0}$**  - é a perda de carga através da válvula totalmente fechada quando instalada no circuito hidráulico.

É usada para calcular a **autoridade da válvula de controlo ( $A_V$ )**.

**VÁLVULA DE DUAS VIAS** -  $\Delta p_{V0}$  é igual à pressão disponível no circuito terminal - onde a válvula está inserida - na situação de caudal nominal.

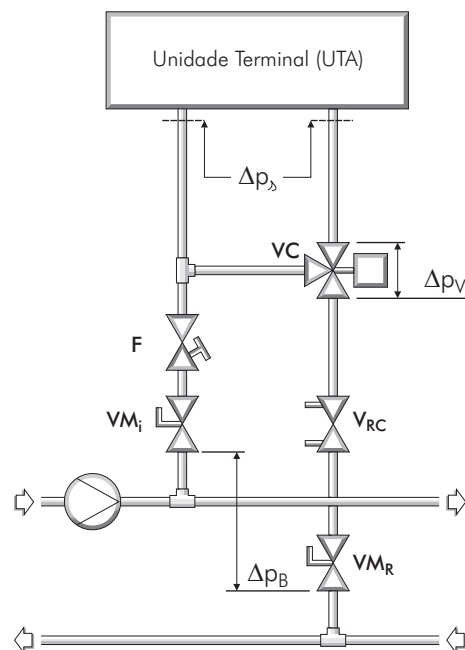


- $V_C$  - Válvula de controlo
- $V_{RC}$  - Válvula de regulação de caudal (equilíbrio da instalação)
- $VM_R$   $VM_i$  - Válvula de macho esférico
- $F$  - Filtro de água

- $\Delta p_{V0}$  - Perda de carga quando a válvula está totalmente fechada (caudal nulo)
- $\Delta p_{V100}$  - Perda de carga quando a válvula está totalmente aberta (caudal nominal)
- $\Delta p_s$  - Perda de carga na serpentina da unidade terminal (UTA) ao caudal nominal (potência térmica máxima)

$$\Delta p_{V0} \approx \Delta p_B$$

**VÁLVULA DE TRÊS VIAS** -  $\Delta p_{V0}$  é aproximadamente igual à perda de carga do circuito "comandado" i.e. , a parte do circuito sujeito à variação de caudal de água por influência da acção da válvula de controlo na situação de caudal nominal, somada à perda de carga na válvula de controlo quando totalmente aberta.



$$\Delta p_{V0} \approx \Delta p_{V100} + \Delta p_s$$

**1.8 Autoridade da válvula de controlo** - é dada pela relação seguinte:

$$A_V = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta p_{V0}}$$

- $A_V$  - Autoridade da válvula de controlo
- $\Delta p_{V100}$  - Perda de carga na válvula totalmente aberta
- $\Delta p_{V0}$  - Perda de carga na válvula totalmente fechada

**1.9 Perda de carga  $\Delta p_{V0}|_{m\acute{a}x}$**  - é a perda de carga máxima contra a qual o conjunto válvula + actuador consegue fechar a válvula.

**1.10 Fuga** - é o caudal de água que "passa" através da válvula, caso da válvula de duas vias ou através das vias principais no caso da válvula de três vias quando o actuador força a posição de fechada.

Habitualmente a fuga é apresentada em percentagem (%) do coeficiente de passagem  $K_{VS}$ .

Uma fuga até 0,05% do  $K_{VS}$  é perfeitamente aceitável como correspondendo a uma válvula estanque.

## 2. DIMENSIONAMENTO DAS VÁLVULAS DE CONTROLO

O dimensionamento de uma válvula de controlo<sup>(1)</sup> em circuitos hidráulicos de sistemas AVAC consiste na determinação do coeficiente de passagem  $K_{VS}$ .

O  $K_{VS}$  da válvula de controlo deve ser tal que a sua autoridade ( $A_V$ ) no circuito onde é instalada seja aproximadamente: 0,5.

$$A_V = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta p_{V0}} \approx 0,5$$

Ou seja  $\rightarrow \Delta p_{V100} \approx \Delta p_{V0}/2$

$A_V$  - Autoridade da válvula de controlo  
 $\Delta p_{V100}$  - Perda de carga na válvula totalmente aberta  
 $\Delta p_{V0}$  - Perda de carga na válvula totalmente fechada

Conhecendo o  $\Delta p_{V100}$  calcula-se o coeficiente de passagem recorrendo à expressão:

$$K_{VS} = \frac{Q_{100}}{\sqrt{\Delta p_{V100}}}$$

$$1 \text{ Bar} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ m}^3/\text{h} = \frac{1}{3,6} \text{ l/s} \quad (1 \text{ l/s} = 3,6 \text{ m}^3/\text{h})$$

$Q_{100}(\text{m}^3/\text{h})$  - Caudal de água à potência térmica nominal (válvula totalmente aberta)

$\Delta p_{V100}$  (Bar) - Perda de carga na válvula totalmente aberta

<sup>(1)</sup> Aplicável a válvulas do tipo globo de haste vertical e às válvulas do tipo macho esférico com dispositivo "caracterizador", desde que a sua característica operacional seja: **igual percentagem**.

**Valores habituais do  $K_{VS}$**  - Os valores na zona sombreada são os parâmetros mais usados.

DN	15					20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
POLEGADAS	1/2"					3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
$K_{VS}$	-	0,1	0,16	0,25	0,4	4	6,3	10	16	25	63	100	160	250	400
	0,63	1,0	1,6	2,5	4	6,3	10	16	25	40					

Habitualmente o  $K_{VS}$  calculado estará compreendido entre dois valores ditos standard - ver tabela acima.

A escolha deve em princípio recair no  $K_{VS}$  standard com valor inferior(\*).

### IMPORTANTE:

(\*) É necessário verificar a perda de carga total do circuito terminal em estudo de modo a não ultrapassar a pressão diferencial máxima disponível - assegurada pelo circulador.

Da tabela acima este valor de  $K_{VS}$  permite-nos conhecer o tamanho nominal da válvula de controlo.

Pode-se constatar que há normalmente, para um mesmo tamanho nominal (DN), mais que uma válvula de controlo disponível - dois ou mais valores de  $K_{VS}$  standard para cada tamanho - deve-se escolher a que tiver tamanho nominal igual ao tamanho da tubagem ou o mais próximo.

**Nota de ordem prática:** Constata-se na prática que o tamanho da válvula de controlo tem um tamanho uma dimensão abaixo do tamanho da tubagem, exemplo: tubagem com tamanho DN40 (1 1/2) a válvula de controlo teria um tamanho de DN32 (1 1/4).

Há no entanto várias excepções a esta "regra do polegar" sendo aconselhável observar os passos acima descritos.

2.1 SITUAÇÕES MAIS FREQUENTES - EXEMPLOS

Determinação da perda de carga  $\Delta p_{V100}$

VALORES TÍPICOS	Válvulas de 2 vias	Válvulas de 3 vias caudal variável	Válvulas de 3 vias caudal constante
		$\Delta p_{V100} \geq \Delta p_B / 2$ $15 \text{ kPa} < \Delta p_{V100} < 150 \text{ kPa}$	$\Delta p_{V100} \geq \Delta p_\delta$ $5 \text{ kPa} < \Delta p_{V100} < 50 \text{ kPa}$
REPRESENTAÇÃO GEOGRÁFICA			
REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA			

NOTA: Omitiram-se filtros e válvulas de macho esférico

VC - Válvula de controlo

VR - Válvula reguladora de caudal (equilíbrio hidráulico)

— - Ida

— - Retorno

$\Delta p_B$  - Pressão diferencial através do circuito terminal

$\Delta p_\delta$  - Pressão diferencial através da serpentina da unidade terminal (UTA)

Depois de se conhecer a perda de carga  $\Delta p_{V100}$  - à qual corresponde uma autoridade da válvula de controlo ( $A_V$ ) igual a 0,5 - o próximo passo é calcular o  $K_{VS}$  através de réguas, ábacos ou recorrendo à fórmula:

$$K_{VS} = \frac{Q_{100}}{\sqrt{\Delta p_{V100}}}$$

$Q_{100}$  (m<sup>3</sup>/h) - Caudal de água nominal

$\Delta p_{V100}$  (Bar) - Perda de carga ao caudal nominal com a válvula totalmente aberta

## 3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

CÁLCULO DO TAMANHO NOMINAL DAS VÁLVULAS DE CONTROLO - UMA DE DUAS VIAS E OUTRA DE TRÊS VIAS - PARA UMA UTA CUJOS PARÂMETROS CONHECIDOS SÃO OS REPRESENTADOS NA FIGURA E TABELA ABAIXO

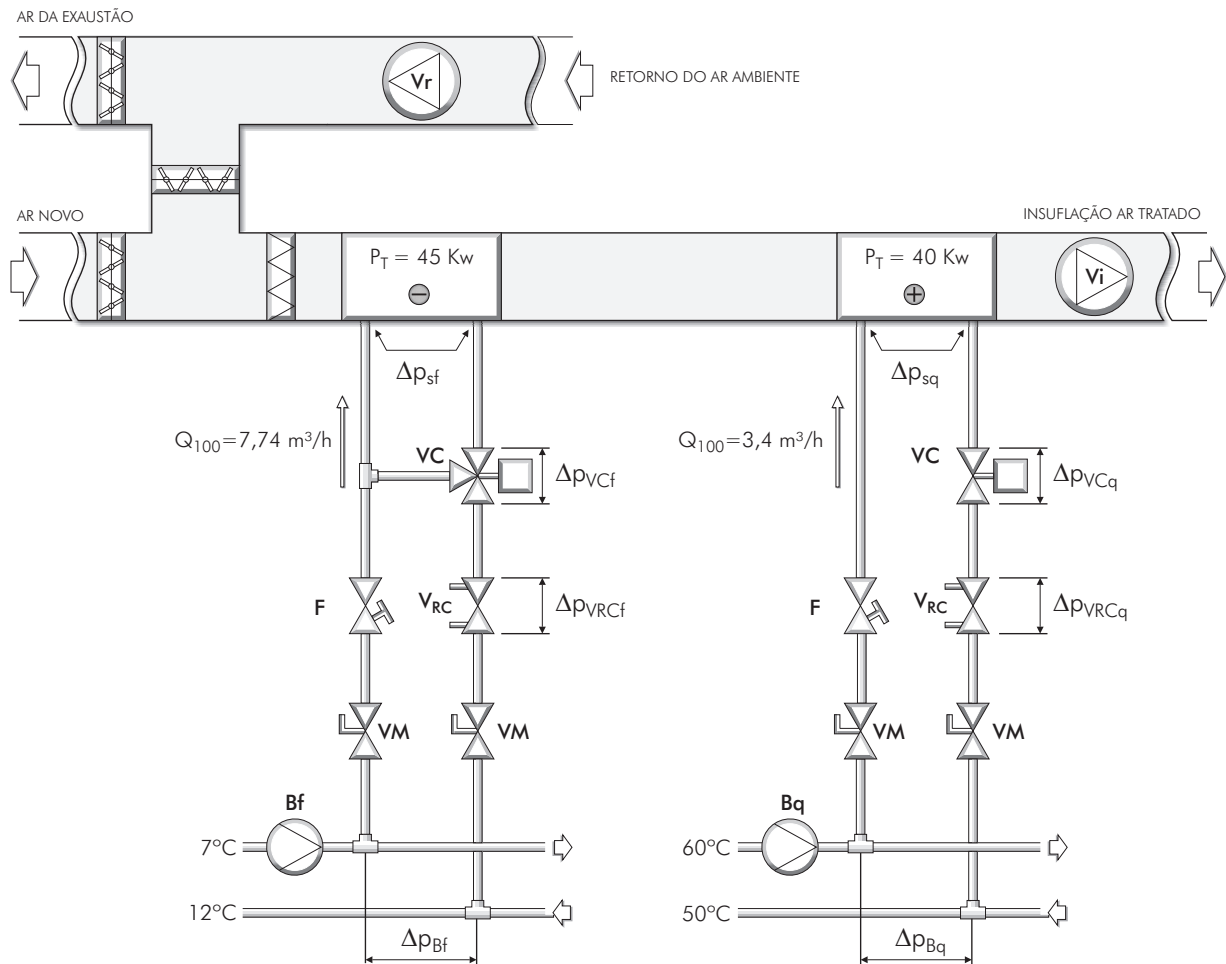


Tabela de características da UTA	Bateria Água Fria ⊖	Bateria Água Quente ⊕
	Potência térmica nominal $P_T$ (Kw)	45
Caudal de água nominal $Q_{100}$ (m³/h) <sup>(1)</sup>	7,74	3,4
Perdas de carga nas serpentinas $\Delta p_{sf}$ e $\Delta p_{sq}$ (kPa)	15 (0,15 Bar)	10 (0,1 Bar)
Perdas de carga nas válvulas de regulação $\Delta p_{VRCf}$ e $\Delta p_{VRCq}$ (kPa)	25	15
Tamanho da tubagem	DN40 (1 1/2")	DN25 (1")

$$^{(1)} Q_{100} \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{P_T \text{ (Kw)}}{1,163 \times \Delta t \text{ (}^\circ\text{K)}}$$

ou

$$Q_{100} \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{P_T \text{ (Kcal/h)}}{\Delta t \text{ (}^\circ\text{K)}} \times \frac{1}{1000}$$

$$1 \text{ Kw} = 860 \text{ Kcal/h}$$



### 3.1 Dimensionamento das válvulas de controlo - Cálculos

#### Válvula de três vias (circuito de água fria)

DADOS:  $P_T|_F = 45\text{Kw}$   $Q_{100} \approx 7,74 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $\Delta t = 12^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C} = 5^\circ\text{K}$   
 $\Delta p_{sf100} = 15 \text{ kPa}$

$$Q_{100}(\text{m}^3/\text{h}) = \frac{P_T(\text{Kw})}{1,163 \times \Delta t(^{\circ}\text{K})}$$

Neste caso (válvula de controlo de três vias) a autoridade da válvula de controlo de  $AV=0,5$ , implica que a sua perda de carga, quando totalmente aberta, ao caudal nominal de  $Q_{100} = 7,74 \text{ m}^3/\text{h}$ , seja:

$$\Delta p_{vf100} \approx \Delta p_{sf100} = 15 \text{ kPa} = 0,15 \text{ Bar}$$

então  $K_{VS} = \frac{Q_{100} (\text{m}^3/\text{h})}{\sqrt{\Delta p_{vf100} (\text{Bar})}} = \frac{7,74}{\sqrt{0,15}} = 19,94$

De acordo com a tabela da pág. 53 o  $K_{VS}$  standard poderá ser:  $K_{VS}=16$  ou  $K_{VS}=25$

A nossa escolha recai em:  $K_{VS}=16$  (\*)

O tamanho da válvula correspondente poderá ser:  
 DN 32 (1 1/4") ou DN 40 (1 1/2")

(\*) **NOTA:** é necessário analisar a perda de carga resultante no circuito terminal total ( $\Delta p_{Bf}$ ) e verificar se o circulador tem altura manométrica suficiente:

$$\Delta p_{Bf} \geq \Delta p_{sf100} + \Delta p_{vcf100}^{(1)} + \Delta p_{vrcf} = 15 + 23 + 25 = 63 \text{ kPa}$$

ou seja:

$$\Delta p_{Bf} \geq 63 \text{ kPa}$$

$$^{(1)}\Delta p_{vcf100} = \left(\frac{Q_{100}}{K_{VS}}\right)^2 = 0,23 \text{ Bar} = 23 \text{ kPa}$$

#### Válvula de duas vias (circuito de água quente)

DADOS:  $P_T|_Q = 40\text{Kw}$   $Q_{100} \approx 3,44 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $\Delta t = 60^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C} = 10^\circ\text{K}$   
 $\Delta p_{sq100} = 10 \text{ kPa}$   
 $\Delta p_{vrcq} = 15 \text{ kPa}$

$$Q_{100}(\text{m}^3/\text{h}) = \frac{P_T(\text{Kw})}{1,163 \times \Delta t(^{\circ}\text{K})}$$

Neste caso (válvula de duas vias) a autoridade da válvula de controlo de  $AV=0,5$ , implica que a sua perda de carga, quando totalmente aberta, ao caudal nominal de  $Q_{100} = 3,34 \text{ m}^3/\text{h}$ , seja:

$$\Delta p_{vcq100} \approx \Delta p_{sq} + \Delta p_{vrcq} = 10 + 15 = 25 \text{ kPa} = 0,25 \text{ Bar}$$

então  $K_{VS} = \frac{Q_{100} (\text{m}^3/\text{h})}{\sqrt{\Delta p_{vcq100} (\text{Bar})}} = \frac{3,44}{\sqrt{0,25}} = 6,88$

De acordo com a tabela da pág. 53 o  $K_{VS}$  standard poderá ser:  $K_{VS}=6,3$  ou  $K_{VS}=10$

A nossa escolha recai em:  $K_{VS}=6,3$  (\*)

O tamanho da válvula correspondente poderá ser:  
 DN 20 (3/4") ou DN 25 (1")

(\*) **NOTA:** é necessário analisar a perda de carga resultante no circuito terminal total ( $\Delta p_{Bq}$ ) e verificar se o circulador tem altura manométrica suficiente:

$$\Delta p_{Bq} \geq \Delta p_{sq100} + \Delta p_{vcq100}^{(1)} + \Delta p_{vrcq} = 10 + 29 + 15 = 54 \text{ kPa}$$

ou seja:

$$\Delta p_{Bq} \geq 54 \text{ kPa}$$

$$^{(1)}\Delta p_{vcq100} = \left(\frac{Q_{100}}{K_{VS}}\right)^2 = 0,29 \text{ Bar} = 29 \text{ kPa}$$

#### SOLUÇÃO OPTADA E PERDAS DE CARGA

Válvula de FRIO $V_{cf}$	$K_{VS}=16$ ; DN 32 (1 1/4") ou DN 40 (1 1/2")
Válvula de QUENTE $V_{cq}$	$K_{VS}=6,3$ ; DN 20 (3/4") ou DN 25 (1")
Pressões diferenciais necessárias nos circuitos terminais	Água fria $\Delta p_{Bf} \geq 63 \text{ kPa}$ Água quente $\Delta p_{Bq} \geq 54 \text{ kPa}$
Pressões diferenciais máximas de fecho das válvulas de controlo (*)	$V_{cf}$ : $\Delta p_{V0} \geq \Delta p_{sf100} + \Delta p_{vcf100} = 38 \text{ kPa}$ $V_{cq}$ : $\Delta p_{V0} \geq \Delta p_{Bq} = 54 \text{ kPa}$
(*) O conjunto válvula+actuador deve poder operar contra esta perda de carga máxima, que ocorre nas válvulas de controlo quando estão no limiar do fecho total.	

## Circuitos hidráulicos em sistemas AVAC distribuição da pressão

Há três tipos de “pressão” que é necessário distinguir para uma efectiva análise de um sistema hidráulico e poder dimensionar os diversos componentes, tubagens, válvulas, circuladores, vaso de expansão, unidades de produção de água quente e/ou fria, dispositivos terminais, etc.

- 1 - Pressão estática (circuito aberto)
- 2 - Pressão de repouso (circuito fechado)
- 3 - Pressão de operação (circuito fechado)

### 1. Pressão estática

No campo do aquecimento, ventilação e ar condicionado o termo “pressão estática” refere-se à pressão que uma coluna de água estacionária exerce nas paredes da mesma.

Depende portanto da altura dessa coluna de água em relação ao ponto em análise. A uma coluna de água de, por exemplo, 10m de altura corresponde uma pressão estática de aproximadamente 1Bar.

Numa instalação com um depósito de expansão aberto, localizado no ponto mais alto da mesma (fig. 1), a pressão estática corresponde à diferença em altura entre o nível de água no depósito e o ponto do circuito hidráulico em causa. Significa portanto que todos os pontos a uma mesma altura têm a mesma pressão estática.

#### Pressão estática num circuito aberto

##### Legenda:

- 1 - caldeira
- 2 - vaso de expansão aberto
- 3 - radiador
- 4 - circulador

p1.1 - pressão estática ao nível do radiador

p1.2 - pressão estática no ponto mais baixo da instalação

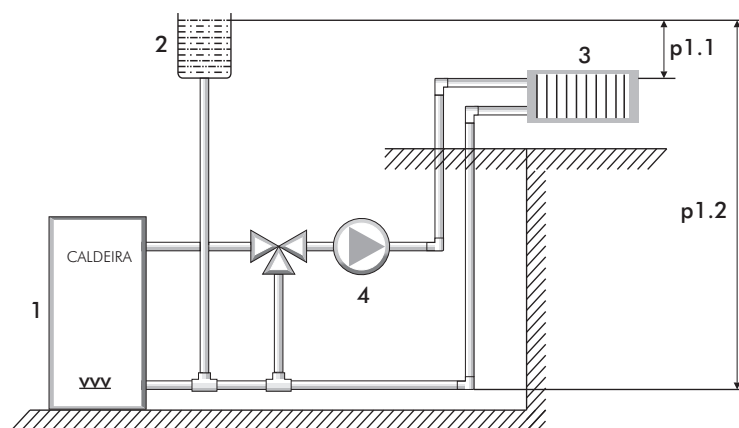


Fig. 1

## 2. Pressão de repouso

A pressão de repouso é a pressão que se observa em qualquer ponto arbitrário da instalação quando o circulador permanece desligado (fig. 2). No caso de instalações abertas (com vaso de expansão aberto) esta pressão corresponde à pressão estática definida atrás.

Em instalações hidráulicas fechadas (com vaso de expansão fechado) a pressão de repouso corresponde à soma de pressão estática do ponto em observação - que corresponde à diferença de alturas entre esse ponto e o ponto mais alto da instalação - e a pressão do vaso de expansão. Esta última é a mesma em qualquer ponto da instalação.

### Pressão de repouso

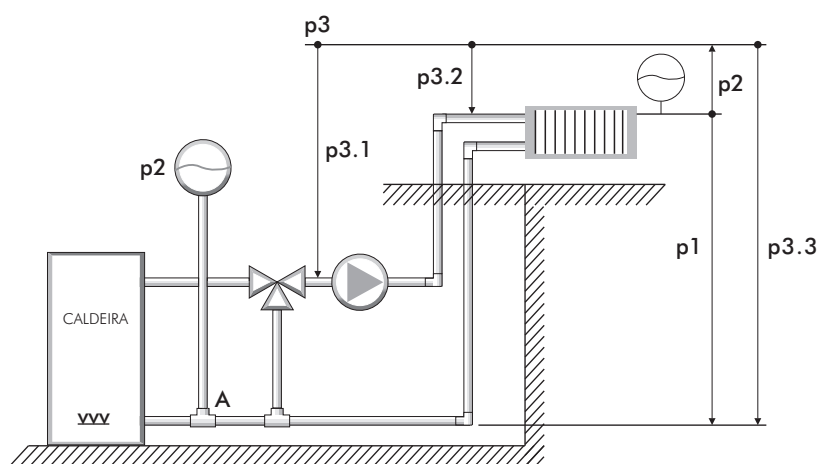


Fig.2

#### Legenda:

- A - ponto de ligação ao vaso de expansão
- P1 - pressão estática
- P2 - pressão do vaso de expansão
- P3 - linha da pressão de repouso
- P3.1...3 - pressão de repouso nos diversos pontos da instalação hidráulica

### 3. Pressão de operação PB

A pressão produzida pelo circulador é a necessário para vencer as diversas resistências do circuito hidráulico tais como caldeira, tubagens, válvulas, filtros, etc. provocadas pelo caudal de água ou ser forçado a atravessá-los. A amplitude desta pressão depende das perdas de carga individuais de cada componente constituinte do circuito.

A fig. 3 mostra a distribuição da pressão do sistema hidráulico da fig. 2 tendo como ponto de partida o vaso de expansão - Ponto A.

Constata-se desta distribuição da pressão ao longo do circuito que a pressão do circulador se sobrepõe à pressão de repouso P3. A pressão no vaso de expansão mantém-se contudo inalterada, sendo este motivo pelo qual este ponto se chama de "ponto zero do sistema" (pressão de referência).

A pressão que prevalece em diversos pontos de sistema é superior à pressão de repouso, ou seja pontos em sobrepressão, enquanto

os restantes têm uma pressão inferior á pressão de repouso, ou seja pontos em subpressão.

A área em sobrepressão designa-se habitualmente por "área de pressão do circulador" e a área em subpressão como sendo a área de sucção do circulador".

Em cada ponto do circuito a soma de pressão de repouso P3 e da pressão imposta pelo circulador dá-se o nome de pressão de operação. O resultado desta soma encontra-se na linha B da fig. 3.

A distancia, na vertical, entre qualquer ponto arbitrário escolhido no circuito hidráulico e o ponto correspondente na linha de pressão de operação B corresponde à amplitude da pressão da operação nesse ponto particular ou seja a amplitude da pressão exercida nas paredes da tubagem, válvulas, etc, com o circulador em funcionamento.

A pressão da operação é habitualmente expressa em Bar ou, mais recentemente em kPa.

#### Pressão de operação PB

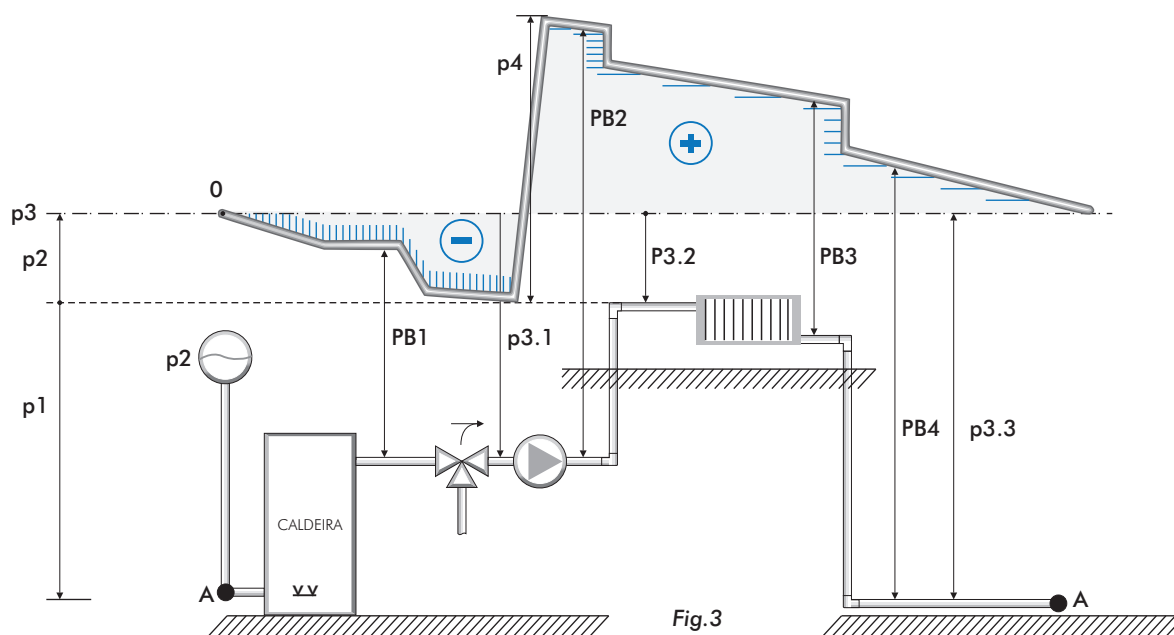


Fig.3

#### Legenda:

A - ponto de ligação de vaso de expansão

B - linha de pressão de operação (distribuição da pressão ao longo do circuito hidráulico com o circulador em funcionamento)

p1 - pressão estática máx.

p2 - pressão de vaso de expansão

p3 - linha de pressão de repouso ( $p3 = p1 + p2$ )

p3.1...3.3 - pressão de repouso em diversos pontos do circuito

p4 - pressão do circulador

PB1...4 - magnitude da pressão de operação em diversos pontos do circuito

0 - ponto zero da instalação. É o ponto do circuito hidráulico em que a pressão se mantém inalterada estando o circulador em funcionamento quer esteja parado.

⊖ - área de sucção do circulador

⊕ - área de pressão do circulador