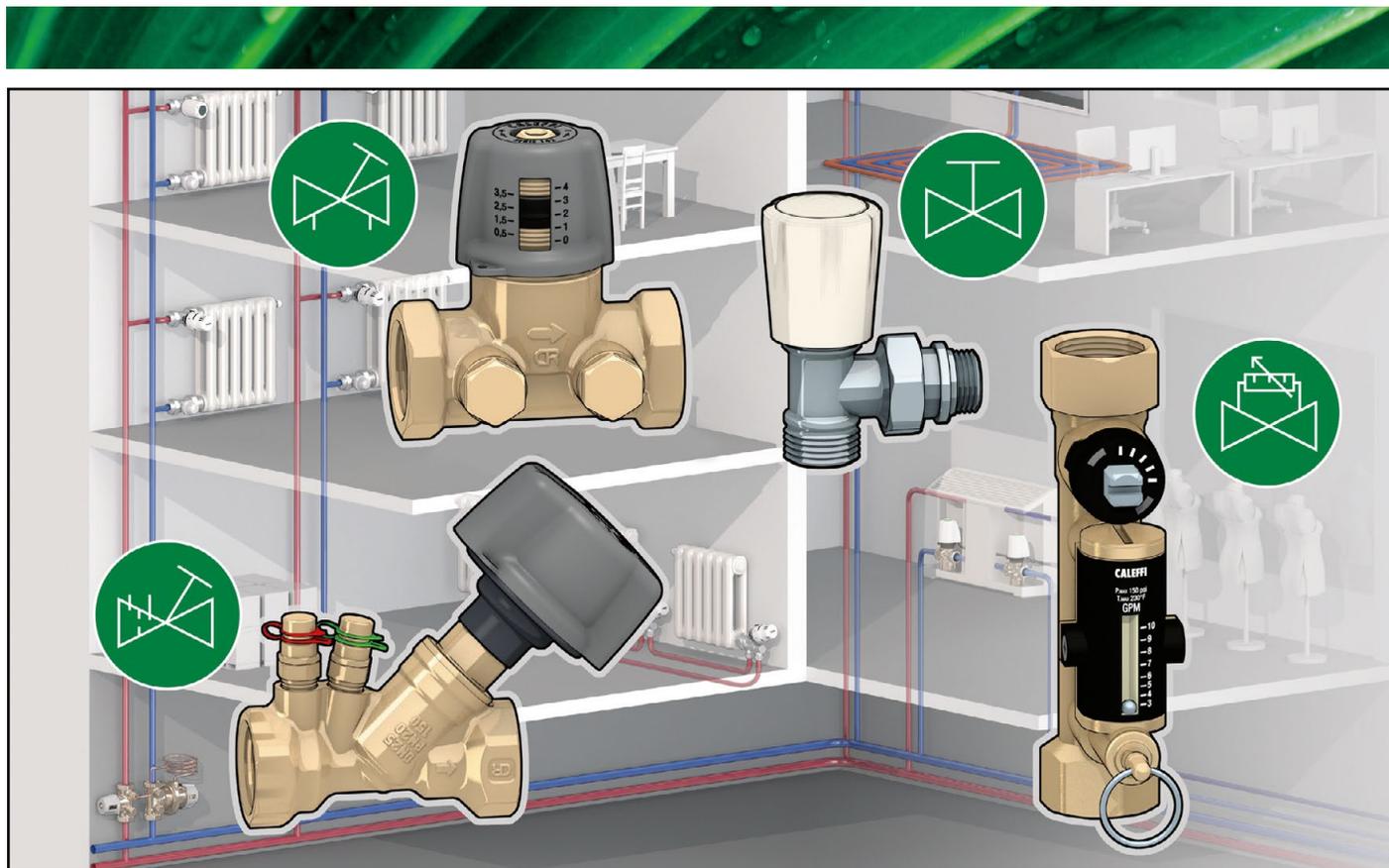


BALANCEAMENTO ESTÁTICO DO CAUDAL

Válvulas para radiadores



As válvulas para radiador com dispositivo de pré-regulação desempenham um papel muito importante no equilíbrio dos circuitos das instalações de aquecimento. Estas permitem, através de um balanceamento de tipo estático, regular todos os radiadores com o caudal correto, obtendo assim a quantidade de calor certa. Este desempenho, como será aprofundado em seguida, não se pode obter com válvulas de tipo tradicional.

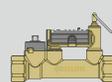
BALANCEAMENTO ESTÁTICO

Válvula manual com orifício fixo



Regula-se através de um manípulo que comanda o movimento de um obturador. As ligações piezométricas são colocadas a montante do obturador, mediante uma secção de Venturi. Por isso, a posição do obturador não influencia a determinação do caudal.

Válvula manual com caudalímetro



Regula-se por meio de uma haste que comanda um obturador de esfera. Os caudais podem ser diretamente verificados no caudalímetro incorporado. Não é necessário calcular a posição de regulação na fase de projeto.

Válvula manual com orifício variável



Regula-se através de um manípulo que comanda o movimento de um obturador. As ligações piezométricas são colocadas a montante e a jusante do obturador. Para determinar o caudal, é necessário conhecer a posição de regulação do obturador.

Válvulas de radiador pré-reguláveis



Regulam-se através da virola que, rodando, faz variar a secção de passagem do fluido, criando um “estrangulamento”, ou seja, uma resistência à passagem do fluido. Não é possível determinar o caudal real de passagem, diretamente através da válvula.

CIRCUITO SECUNDÁRIO COM RADIADORES

Um circuito secundário geralmente é composto por três elementos:

- (1) Sistema de emissão
- (2) Válvula de regulação
- (3) Válvula de balanceamento

Num circuito com radiador, estes três elementos estão relacionados com:

- (1) Radiador
- (2) Válvula termostática
- (3) Detentor

Como já referido em “Focos Técnicos” anteriores, o balanceamento estático de um circuito secundário consiste em introduzir, no interior de cada circuito, uma perda de carga capaz de neutralizar a influência do circuito de distribuição primário.

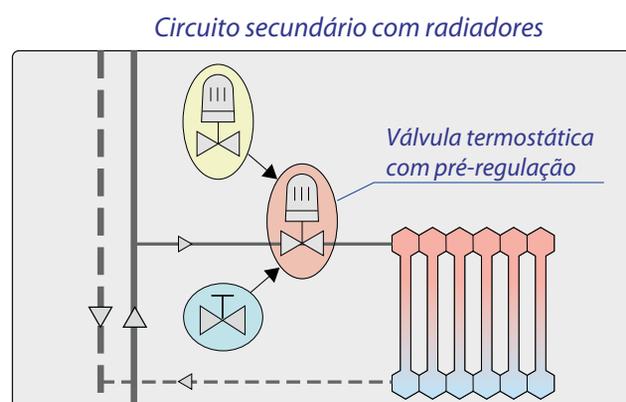
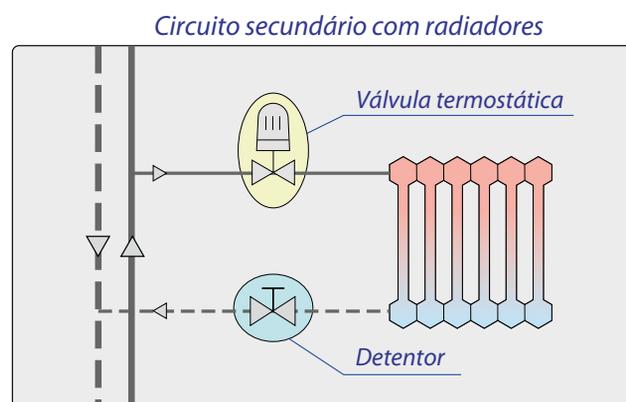
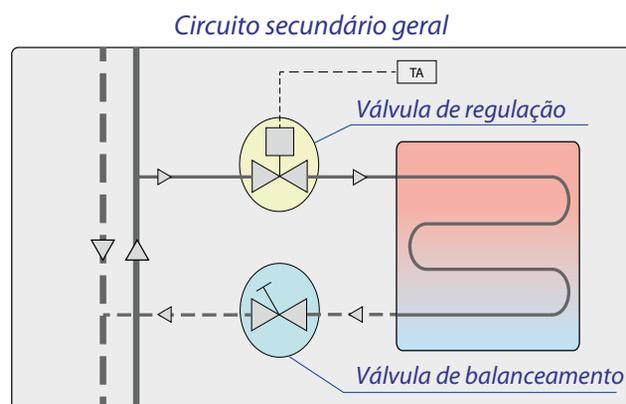
As válvulas de balanceamento estáticas atuam, variando o próprio valor de K_v , para estabelecer uma condição de equilíbrio no circuito em que estão inseridas. No caso de uma válvula de balanceamento estático, a variação do valor de K_v ocorre através de obturador: a configuração interna da válvula varia consoante a sua posição.

Muitas vezes pensa-se, erradamente, que apenas a presença de comandos termostáticos é, por si só, suficiente para equilibrar os caudais de cada terminal, uma vez que o seu funcionamento é o de parcializar a potência térmica emitida pelo radiador (e conseqüentemente o caudal), em função da temperatura ambiente medida pelos próprios comandos. Tal poderia corresponder à verdade apenas na condição de uma instalação em regime, ou seja, quando as temperaturas ambiente estão próximas das reguladas nos comandos termostáticos; aí seria, então, possível afirmar que o balanceamento hidráulico e térmico era automaticamente obtido pela ação das cabeças termostáticas.

Esta condição de regime nunca se verifica facilmente sem uma operação de balanceamento adequada. Isto deve-se sobretudo às fases de funcionamento transitórias das instalações; particularmente durante o arranque, os comandos termostáticos geram a máxima abertura do obturador das válvulas de radiador (situação em que ambiente está frio). Sem nenhuma operação de balanceamento, a resistência hidráulica típica das válvulas de radiador tradicionais, não é suficiente para limitar os caudais que circulam nos radiadores em tal condição, resultando na origem de um fenómeno de balanceamento, habitualmente conhecido como “curto-circuito hidráulico”. Basicamente, nesta situação existe um excesso de caudal consistente (e inútil) nos radiadores mais favorecidos e caudal insuficiente nos mais desfavorecidos. Deste modo, a situação de regime é alcançada após um período de tempo demasiado longo ou, ainda pior, nunca é alcançada em alguns radiadores.

Este problema pode ser facilmente resolvido através de válvulas de radiador com pré-regulação, cujo objetivo é exatamente o de limitar a secção de abertura máxima das válvulas de radiador, de modo a impedir a ocorrência de “curto-circuitos hidráulicos”, permitindo rapidamente o alcance das condições de regime.

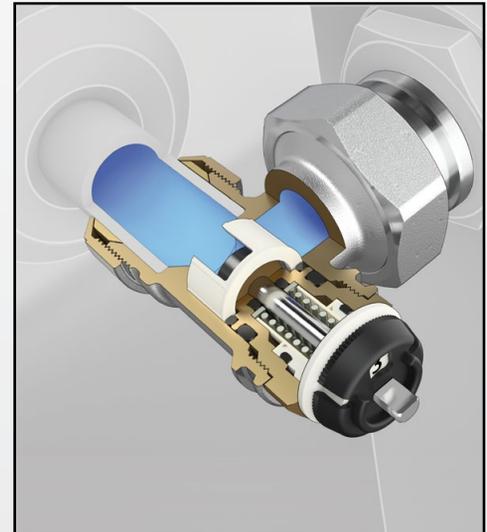
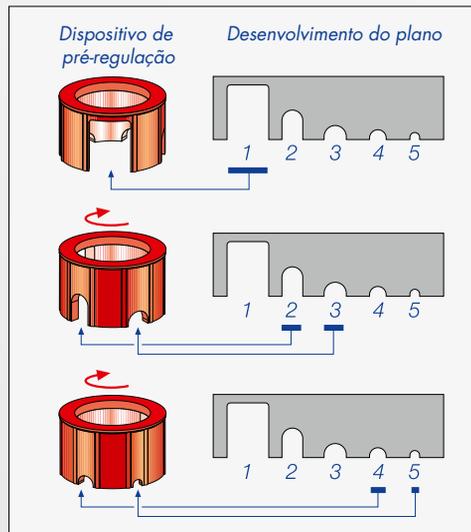
As válvulas de radiador com pré-regulação unem num só elemento, a função de regulação (que deve ser sempre combinada com um comando termostático) e a função de balanceamento, através de um dispositivo interno que permite a pré-regulação das características hidráulicas de perda de carga, sem a utilização de ferramentas.



Válvulas de pré-regulação para radiadores

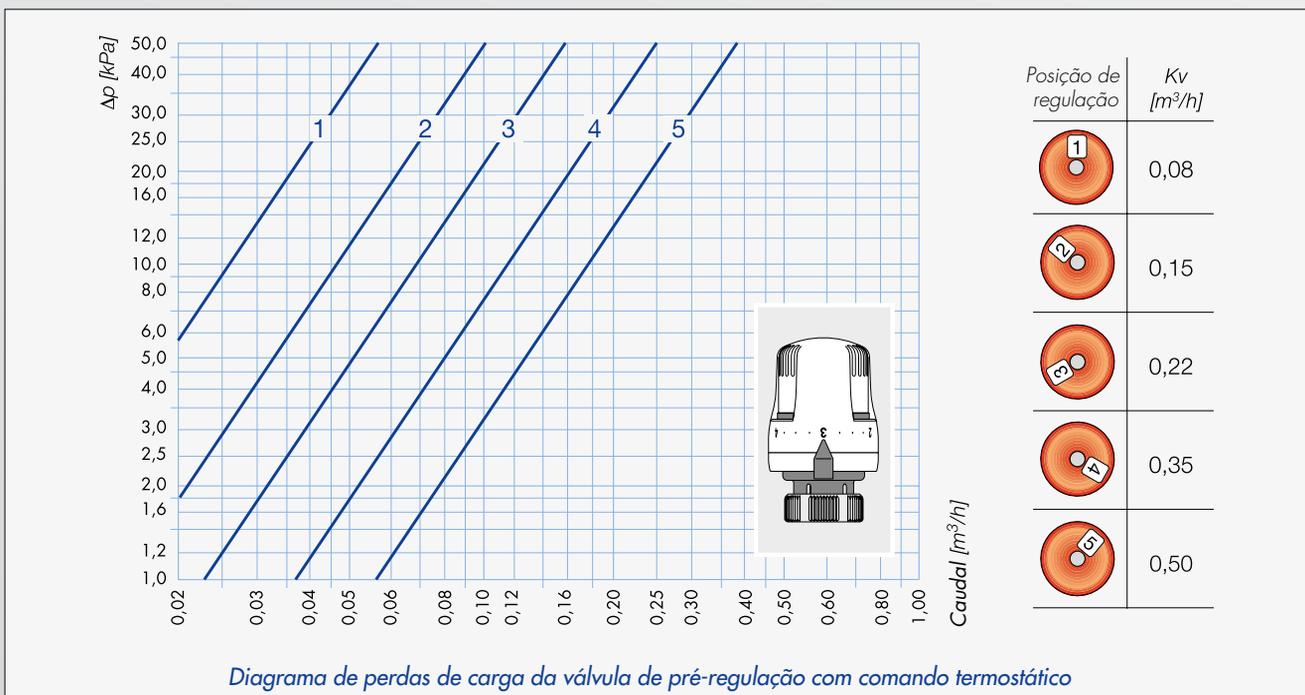
Através da virola é possível seleccionar secções de passagem específicas, de modo a criar as desejadas resistências ao movimento do fluido.

Cada secção de passagem identifica um valor de Kv específico que permite criar a perda de carga, à qual corresponde uma determinada posição de regulação numa escala graduada.



O valor de Kv é alterado, modificando a secção de passagem através das janelas fixas correspondentes a valores inteiros.

Assim como para as válvulas de balanceamento clássicas, os valores de Kv também são normalmente indicados num diagrama:

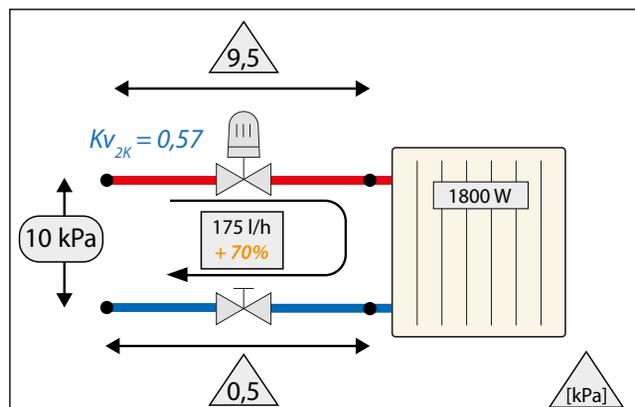


BALANCEAMENTO DE UM CIRCUITO SECUNDÁRIO COM RADIADORES

Válvula termostática e detentor não calibrado

Os elementos que compõem um circuito de radiador que controla o caudal (circuito em limitação) são essencialmente: as tubagens de distribuição, uma válvula de radiador com comando termostático, um radiador e um detentor.

Para exemplificar, supõe-se aceitável não considerar as perdas de carga geradas pelos radiadores (geralmente sempre negligenciáveis) e pelas tubagens de distribuição (negligenciáveis em segmentos curtos). Pretende colocar-se em funcionamento um radiador com 1800 W de potência, com salto térmico $\Delta T = 15\text{ }^\circ\text{C}$, com o intuito de projetar com banda proporcional de 2K, ou seja, pretendendo deixar fluir o caudal de projeto, neste caso a 103 l/h, quando existe um desvio de $2\text{ }^\circ\text{C}$ relativamente à temperatura ambiente desejada. Considera-se nos terminais do circuito uma altura manométrica de 10 kPa, valor mínimo típico para válvulas com comandos termostáticos.



Dimensionamento a 2K
Válvula tradicional e detentor não calibrado

A altura manométrica disponível H (10 kPa) é igual à soma das perdas de carga da válvula de radiador (ΔP_{VT}) e do detentor (ΔP_{DET}). Indicando tais perdas de carga, segundo a fórmula que une o caudal, o coeficiente de fluxo e a perda de carga (consultar o quadro abaixo), é possível calcular o caudal G_{2K} , conhecidos os valores de Kv_{2K} ($0,57\text{ m}^3/\text{h}$) da válvula de radiador tradicional com comando termostático montado e o valor Kv_{TA} ($2,42\text{ m}^3/\text{h}$) do detentor completamente aberto.

$$H = \Delta P_{VT} + \Delta P_{DET}$$

$$H = 10^{-4} \cdot \left(\frac{G_{2K}}{Kv_{2K}} \right)^2 + 10^{-4} \cdot \left(\frac{G_{2K}}{Kv_{TA}} \right)^2$$

$$G_{2K} = 100 \cdot \left(\frac{1}{Kv_{2K}^2} + \frac{1}{Kv_{TA}^2} \right)^{-0,5} \cdot \sqrt{H}$$

$$G_{2K} = 175\text{ l/h} \quad +70\% \text{ relativamente ao caudal de projeto}$$

Relação entre caudal, coeficiente de fluxo e perda de carga

$$G = 100 \cdot Kv \cdot \sqrt{\Delta P} \quad G: \text{ [l/h]}$$

$$Kv: \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$\Delta P: \text{ [kPa]}$$

Apenas com o comando termostático não se consegue obter o caudal de projeto para o desvio 2K de projeto.

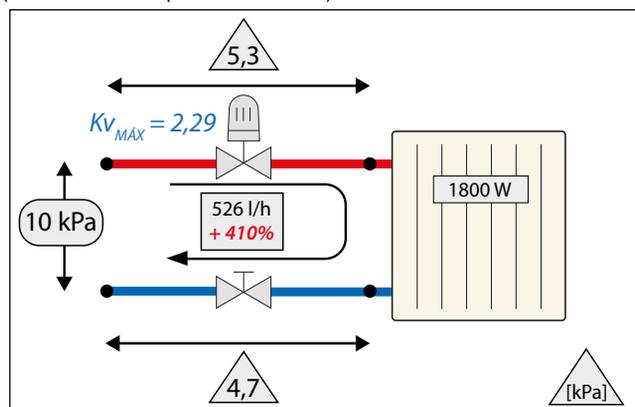
FASE DE ARRANQUE

A condição crítica inicia-se na fase transitória de arranque com a instalação fria, quando o comando termostático gera a abertura máxima do obturador. Nesta condição, a característica da válvula de radiador é igual a $Kv_{MAX} = 2,29\text{ m}^3/\text{h}$. Com este valor, pode estimar-se o caudal de circulação na fase de arranque com a mesma relação que une o caudal, o coeficiente de fluxo e a perda de carga (consultar o quadro acima):

$$G_{MAX} = 100 \cdot \left(\frac{1}{Kv_{MAX}^2} + \frac{1}{Kv_{TA}^2} \right)^{-0,5} \cdot \sqrt{H}$$

$$G_{MAX} = 526\text{ l/h} \quad +410\% \text{ relativamente ao caudal de projeto}$$

Tal excesso de caudal representa um forte desequilíbrio hidráulico, que põe claramente em evidência o motivo pelo qual surgem os problemas de "curto-circuito hidráulico" descritos, e a razão pela qual é necessário intervir no balanceamento dos circuitos dos radiadores.



Fase de arranque
Válvula tradicional e detentor calibrado

Válvula termostática *com pré-regulação* e detentor não calibrado

Através da fórmula ou, simplesmente através do gráfico, obtém-se a posição de pré-regulação da válvula: considerando a altura manométrica disponível $H=10$ kPa (para efeitos de pré-regulação é razoável não considerar as perdas de carga do detentor completamente aberto) e o caudal de projeto $G_{PR} = 103$ l/h, obtém-se a posição de regulação 4, mais próxima do ponto encontrado.

Nesta posição, a válvula tem um valor de $Kv_{2K,(4)} = 0,35$ m³/h.

Cálculo utilizando as fórmulas

$$\Delta P_{VT} = H - \Delta P_{DET}$$

$$10^{-4} \cdot \frac{G_{PR}^2}{Kv_{2K}^2} = H$$

$$Kv_{2K} = 0,01 \cdot \frac{G_{PR}}{\sqrt{H}}$$

$$Kv_{2K} = 0,01 \cdot \frac{103}{\sqrt{10}} = 0,33 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$Kv_{2K,(4)} \rightarrow 0,35 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Cálculo utilizando o gráfico: Caudal- ΔP

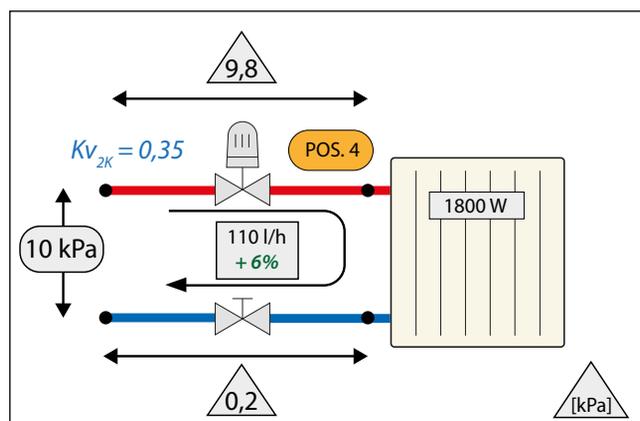


Conhecido o valor de $Kv_{2K,(4)}$ para a posição de regulação escolhida, calcula-se o caudal de circulação efetivo com o desvio de 2K, sempre segundo a relação:

$$G_{2K} = 100 \cdot \left(\frac{1}{Kv_{2K,(4)}^2} + \frac{1}{Kv_{TA}^2} \right)^{-0,5} \cdot \sqrt{H}$$

$$G_{2K} = 110 \text{ l/h} \quad +6\% \text{ relativamente ao caudal de projeto}$$

Graças ao balanceamento realizado através da pré-regulação, na condição de projeto com banda proporcional de 2K, consegue-se obter efetivamente um valor de caudal próximo ao de projeto.



Dimensionamento a 2K

Válvula *com pré-regulação* e detentor não calibrado

FASE DE ARRANQUE

Na fase transitória de arranque, a secção de abertura máxima é consequência da posição de pré-regulação estabelecida.

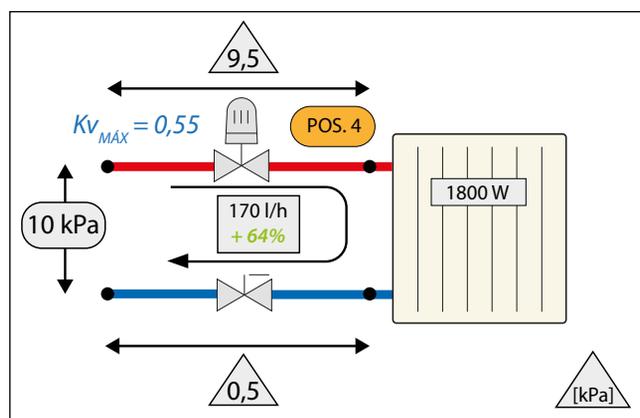
Portanto, na posição de regulação 4, o valor de $Kv_{MAX,(4)}$ igual a 0,55 m³/h limita o caudal de circulação no radiador a um valor igual a:

$$G_{MAX} = 100 \cdot \left(\frac{1}{Kv_{MAX,(4)}^2} + \frac{1}{Kv_{TA}^2} \right)^{-0,5} \cdot \sqrt{H}$$

$$G_{MAX} = 170 \text{ l/h} \quad +64\% \text{ relativamente ao caudal de projeto}$$

Graças à limitação introduzida, consegue-se anular eficazmente os excessos de caudal nos radiadores mais favorecidos.

As fases de arranque são assim mais breves e uniformes para todos os radiadores da instalação, que estão por isso em perfeitas condições para poder alcançar eficazmente o funcionamento em regime.



Dimensionamento a Kv_{MAX}

Válvula *com pré-regulação* e detentor não calibrado

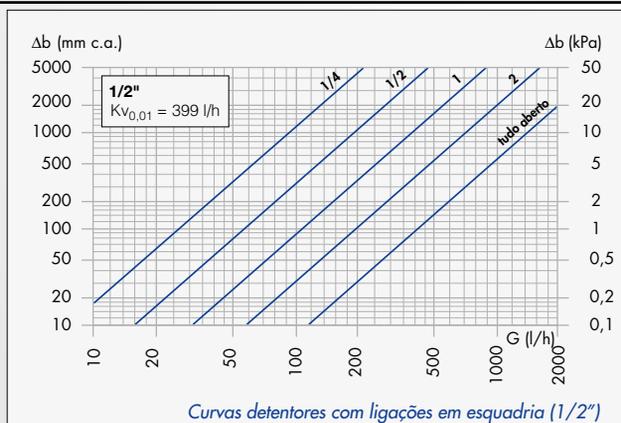
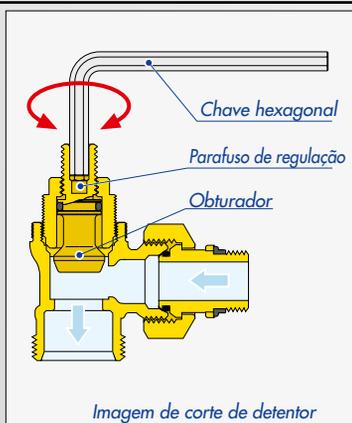
Válvula termostática e detentor calibrado

A operação de balanceamento dos radiadores com válvulas tradicionais pode ser realizada mediante uma adequada calibragem do detentor. De facto, do ponto de vista hidráulico, uma vez que o detentor representa uma perda de carga adicional colocada em série na válvula de radiador, é possível regular o seu valor de Kv, de modo a obter o caudal desejado nas condições de projeto. Contudo, esta operação tem uma série de limitações e desvantagens:

- os detentores não possuem escalas graduadas, pelo que as curvas referem-se ao número de rotações a realizar com uma chave hexagonal, a partir da posição “totalmente fechado”;
- as operações de calibragem são complicadas e sujeitas a erros;
- na fase de teste ou de funcionamento anómalo da instalação, as verificações das operações de calibragem são complexas;
- perde-se a “memória” da calibragem durante as intervenções de manutenção.

Pré-regulação dos radiadores com detentores

Conhecendo o caudal de projeto que deve fluir através do radiador e a perda de carga que o detentor deve introduzir no circuito secundário para o equilibrar, obtém-se a posição de regulação.



Antes de mais, é necessário definir a perda de carga teórica ΔP_{DET} que o detentor deve gerar como diferença entre a altura manométrica H disponível, e a perda de carga da válvula de radiador ao caudal de projeto G_{PR} :

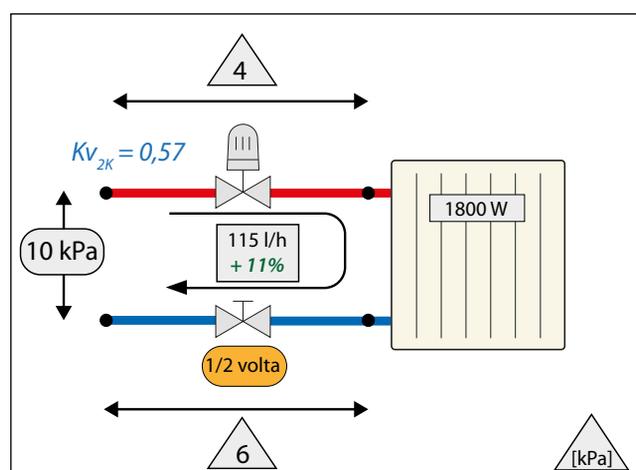
$$\Delta P_{DET} = H - \Delta P_V$$

$$\Delta P_{DET} = H - 10^{-4} \cdot \left(\frac{G_{PR}}{Kv_{2K}} \right)^2 = 10 - 3,3 = 6,7 \text{ kPa}$$

Com este valor, procura-se através do gráfico, o número de rotações a efetuar no detentor, neste caso 1/2, que corresponde a um valor de $Kv_{1/2}$ de $0,47 \text{ m}^3/\text{h}$ (valor calculado através do gráfico). O caudal efetivo de banda de 2K é calculado como:

$$G_{2K} = 100 \cdot \left(\frac{1}{Kv_{2K}^2} + \frac{1}{Kv_{1/2}^2} \right)^{-0,5} \cdot \sqrt{H}$$

$$G_{MAX} = 115 \text{ l/h} \quad +11\% \text{ relativamente ao caudal de projeto}$$



Devido a estas dificuldades e inconvenientes, frequentemente os detentores não são regulados, mas funcionam apenas como válvula de interceção, no caso de manutenção do radiador.

DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA: CATÁLOGO TÉCNICO 01195
CATÁLOGO TÉCNICO 01034



Visite a Caleffi no Youtube
youtube/CaleffiVideoProjects

CALEFFI
Hydronic Solutions

CALEFFI Portugal
Sede: Urbanização das Austrálias, lote 17, Milheirós, Apartado 1214, 4471-909 Maia
Telef. +351 229619410 · Fax +351 229619420 · caleffi.sede@caleffi.pt · www.caleffi.com ·
Filial: Talaide Park, Edif. A1 e A2, Estrada Octávio Pato 2785-601 São Domingos de Rana
Telef. +351 214227190 · Fax +351 214227199 · caleffi.filial@caleffi.pt · www.caleffi.com

CALEFFI Brasil
Sede: Rua Tabapuã nº 821 conj. 125, CEP – 04533-013, Itaim Bibi, São Paulo - SP
Telef. +55 11 2362 4903 · Fax +55 11 2362 4907 · comercial.br@caleffi.com