

PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS.

Engº Luiz Camargo

Nas lições de Marques & Souza (2018), em sistemas de abastecimento de água, além dos tubos retos, no geral os condutos podem conter variados componentes e acessórios que visam adequar o traçado da tubulação ao relevo topográfico, como curvas e joelhos; para interligar vários tubos ou tubos de diferentes diâmetros, tais como tês, cruzetas e reduções; ou mesmo componentes para controle do escoamento, como válvulas e bombas.

E ainda, nas palavras desses autores, "Quando um escoamento uniforme depara com um obstáculo sofre uma adaptação de forma a conseguir transpô-lo. Essa adaptação consiste numa alteração brusca das condições do escoamento uniforme, dando lugar a um escoamento variado nas proximidades do obstáculo. Ultrapassado o obstáculo, o escoamento adapta-se às novas condições e surge um novo escoamento uniforme. É a transição do escoamento uniforme para o escoamento variado (na passagem pelos obstáculos) e o restabelecimento de novo escoamento uniforme (a jusante dos obstáculos) que tem como consequência as perdas de carga localizadas".

No âmbito geral da Hidráulica e da Mecânica dos Fluidos as perdas localizadas, também chamadas acidentais ou singulares, são uma função da energia cinética do escoamento, representadas por uma expressão dada por:

$$H_{LOC} = k \frac{v^2}{2g} = \frac{8kQ^2}{g\pi^2 D^4}$$

onde:

H_{LOC} = perda de carga localizada (m)

k = coeficiente de perda de carga localizada (adimensional - depende do Número de Reynolds e das características geométricas da singularidade)

v = velocidade média do escoamento (m/s)

Q = vazão escoada (m³/s)

g = aceleração da gravidade local (m/s²)

Na prática, excetuando as situações de altos valores de k (como manobras de válvulas de controle), muitas vezes as perdas singulares são até desprezadas, como no caso de adutoras longas, visto ser corrente o uso de baixas velocidades no escoamento, onde as perdas singulares têm pequeno significado frente às perdas contínuas.

Segundo Streeter & Wylie (1982), "Em geral as perdas singulares podem ser desprezadas quando, em média, existe um comprimento de 1000 diâmetros entre duas singularidades".

Porto (2004), ressalta que "Em geral, em sistemas hidráulicos nos quais as perdas localizadas não perfazem mais que 5% das perdas distribuídas, podem, em princípio, ser desprezadas".

Dacach (1979), preceitua que "Na prática, as perdas de carga localizadas podem ser desprezadas, quando o comprimento da tubulação superar 4000 vezes o seu diâmetro".

Neves (1977), preconiza que "O efeito das perdas acidentais pode ser desprezado quando a velocidade da água é pequena ($v < 1$ m/s) e existem poucas peças e, em geral, quando o comprimento do conduto é de 500 ou 1000 vezes o seu diâmetro, basta considerar a perda devida ao atrito. Nos cálculos de maior responsabilidade convém verificar a influência das perdas acidentais que nos condutos de pequeno comprimento é prudente levar em conta".

Normalmente os valores de k são obtidos experimentalmente, embora as indicações possam ter, aqui e ali, pequenas variações, segundo fontes distintas.

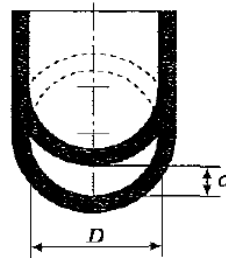
Algumas tabelas de valores dos coeficientes de perda de carga em singularidades de tubulações, extraídas de Azevedo Netto et ali (1998), são apresentadas a seguir:

Peça	K	Peça	K
Ampliação gradual	0,30*	Junção	0,40
Bocais	2,75	Medidor Venturi	2,50**
Comporta aberta	1,00	Redução gradual	0,15*
Controlador de vazão	2,50	Saída de canalização	1,00
Cotovelo de 90°	0,90	Tê, passagem direta	0,60
Cotovelo de 45°	0,40	Tê, saída de lado	1,30
Crivo	0,75	Tê, saída bilateral	1,80
Curva de 90°	0,40	Válvula de ângulo aberta	5,00
Curva de 45°	0,20	Válvula de gaveta aberta	0,20
Curva de 22,5°	0,10	Válvula borboleta aberta	0,30
Entrada normal em canalização	0,50	Válvula-de-pé	1,75
Entrada de Borda	1,00	Válvula de retenção	2,50
Existência de pequena derivação	0,03	Válvula de globo aberta	10,00
		Velocidade	1,00

* Com base na velocidade maior (seção menor)
** Relativa à velocidade na canalização

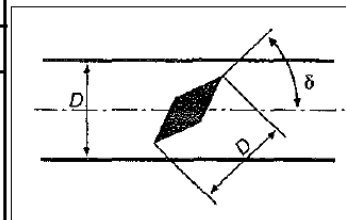
Perda de carga em válvulas de gaveta

d/D	s/S^*	K
7/8	0,948	0,07
6/8	0,856	0,26
5/8	0,740	0,81
4/8	0,609	2,06
3/8	0,466	5,52
2/8	0,315	17,00
1/8	0,159	97,80



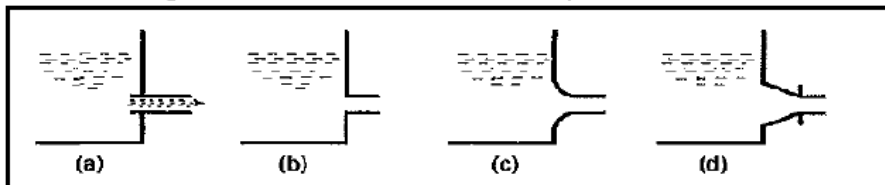
* s/S é relação de áreas efetivas da abertura de passagem e da tubulação de seção circular

δ	s/S^*	K	δ	s/S^*	K
5°	0,913	0,24	40°	0,367	10,80
10°	0,826	0,52	45°	0,293	18,70
15°	0,741	0,90	50°	0,234	32,60
20°	0,658	1,54	55°	0,181	58,80
25°	0,577	2,51	60°	0,134	118,00
30°	0,500	3,91	65°	0,094	256,00
35°	0,426	6,22	70°	0,060	750,00



* s/S é relação de áreas efetivas da abertura de passagem e da tubulação de seção circular

Perda de carga na entrada de uma canalização (saída de reservatório).



(a) Reentrante ou de Borda; $K = 1$. (b) Normal; $K = 0,5$. (c) Forma de sino; $K = 0,05$. (d) Concordância com um peça adicional (redução), $K = 0,10$

Perda de carga na saída das canalizações (entrada em reservatórios)



Tabelas com valores dos coeficientes de perda de carga em singularidades de tubulações, extraídas de Simon (1986) são mostradas a seguir:

TABLE 4.4 Local Loss Coefficients

Use the equation $h_p = kv^2/2g$ unless otherwise indicated. Energy loss E_L equals h_p head loss in feet.





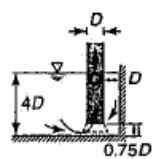


①		Perpendicular square entrance: $k = 0.50$ if edge is sharp												
②		Perpendicular rounded entrance: <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>$R/d =$</td> <td>10.05</td> <td>10.1</td> <td>10.2</td> <td>10.3</td> <td>10.4</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>10.25</td> <td>10.17</td> <td>10.08</td> <td>10.05</td> <td>10.04</td> </tr> </table>	$R/d =$	10.05	10.1	10.2	10.3	10.4	$k =$	10.25	10.17	10.08	10.05	10.04
$R/d =$	10.05	10.1	10.2	10.3	10.4									
$k =$	10.25	10.17	10.08	10.05	10.04									
③		Perpendicular reentrant entrance: $k = 0.8$												
④		Additional loss due to skewed entrance: $k = 0.505 + 0.303 \sin \alpha + 0.226 \sin^2 \alpha$												
⑤		Suction pipe in sump with conical mouthpiece: $E_L = D + \frac{5.6Q}{\sqrt{2g}D^{1.5}} - \frac{v^2}{2g}$ Without mouthpiece: $E_L = 0.53D + \frac{4Q}{\sqrt{2g}D^{1.5}} - \frac{v^2}{2g}$ Width of sump shown: $3.5D$												
		(After I. Vígás)												
⑥		Strainer bucket: $k = 10$ with foot valve $k = 5.5$ without foot valve												
		(By Agrotkin)												
⑦		Standard Tee, entrance to minor line $k = 1.8$												

TABLE 4.4 continued

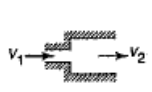
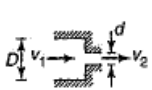
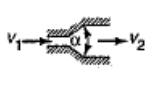
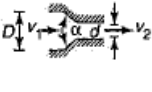
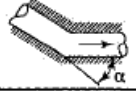



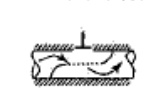

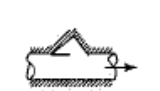
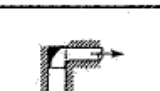
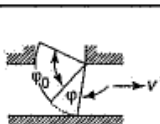
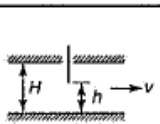
⑧		Sudden expansion: $E_L = \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g}$ or $E_L = \left(\frac{v_1}{v_2} - 1\right)^2 \frac{v_2^2}{2g}$																																								
⑨		Sudden contraction: <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>$d/D =$</td> <td>0.01</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.42</td> <td>0.33</td> <td>0.25</td> <td>0.15</td> </tr> </table> use v_2 in Equation 4.10	$d/D =$	0.01	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	$k =$	0.5	0.5	0.42	0.33	0.25	0.15																										
$d/D =$	0.01	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8																																				
$k =$	0.5	0.5	0.42	0.33	0.25	0.15																																				
⑩		Diffuser: $E_L = k(v_1^2 - v_2^2)/2g$ <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>$\alpha^\circ =$</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.20</td> <td>0.28</td> <td>0.32</td> <td>0.35</td> </tr> </table>	$\alpha^\circ =$	20	40	60	80	$k =$	0.20	0.28	0.32	0.35																														
$\alpha^\circ =$	20	40	60	80																																						
$k =$	0.20	0.28	0.32	0.35																																						
⑪		Confusor: $E_L = k(v_2^2 - v_1^2)/2g$ <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>$\alpha^\circ =$</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> <td>140</td> </tr> <tr> <td>k for</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>$D = 3d$</td> <td>0.12</td> <td>0.16</td> <td>0.39</td> <td>0.80</td> <td>1.0</td> <td>1.06</td> <td>1.04</td> <td>1.04</td> <td>1.04</td> </tr> <tr> <td>$D = 1.5d$</td> <td>0.12</td> <td>0.16</td> <td>0.39</td> <td>0.96</td> <td>1.22</td> <td>1.16</td> <td>1.10</td> <td>1.06</td> <td>1.04</td> </tr> </table>	$\alpha^\circ =$	6	10	20	40	60	80	100	120	140	k for										$D = 3d$	0.12	0.16	0.39	0.80	1.0	1.06	1.04	1.04	1.04	$D = 1.5d$	0.12	0.16	0.39	0.96	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04
$\alpha^\circ =$	6	10	20	40	60	80	100	120	140																																	
k for																																										
$D = 3d$	0.12	0.16	0.39	0.80	1.0	1.06	1.04	1.04	1.04																																	
$D = 1.5d$	0.12	0.16	0.39	0.96	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04																																	
⑫		Sharp elbow: $k = 67.6 \times 10^{-6} (\alpha^\circ)^{2.17}$																																								
		(By Gibson)																																								
⑬		Bends: $k = (0.13 + 1.85(r/R)^{3.5}) \sqrt{\alpha^\circ/180^\circ}$																																								
		(By Hinds)																																								
⑭		Close return bend: $k = 2.2$																																								

TABLE 4.4 continued

15		<p>Gate valve:</p> <table border="1"> <tr> <td>$e/D =$</td> <td>0</td> <td>1/4</td> <td>3/8</td> <td>1/2</td> <td>5/8</td> <td>3/4</td> <td>7/8</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.15</td> <td>0.26</td> <td>0.81</td> <td>2.06</td> <td>5.52</td> <td>17.0</td> <td>97.8</td> </tr> </table>	$e/D =$	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	$k =$	0.15	0.26	0.81	2.06	5.52	17.0	97.8				
$e/D =$	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8															
$k =$	0.15	0.26	0.81	2.06	5.52	17.0	97.8															
16		<p>Globe valve: $k = 10$ when fully open</p>																				
17		<p>Rotary valve:</p> <table border="1"> <tr> <td>$\alpha^\circ =$</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>70</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.05</td> <td>0.29</td> <td>1.56</td> <td>5.47</td> <td>17.3</td> <td>52.6</td> <td>206</td> <td>485</td> <td>∞</td> </tr> </table> <p>(By Agroskin)</p>	$\alpha^\circ =$	5	10	20	30	40	50	60	70	80	$k =$	0.05	0.29	1.56	5.47	17.3	52.6	206	485	∞
$\alpha^\circ =$	5	10	20	30	40	50	60	70	80													
$k =$	0.05	0.29	1.56	5.47	17.3	52.6	206	485	∞													
18		<p>Check valves: Swing type $k = 2.5$ Ball type $k = 70.0$ Lift type $k = 12.0$ when fully open</p>																				
19		<p>Angle valve: $k = 5.0$ if fully open</p>																				
20		<p>Segment gate in rectangular conduit: $k = 0.8 + 1.3 \left(\frac{l}{n} - n \right)^2$ where $n = \phi/\phi_0$ = the rate of opening with respect to the central angle.</p> <p>(By Abelyev)</p>																				
21		<p>Sluice gate in rectangular conduit: $k = 0.3 + 1.9 \left[\left(\frac{l}{n} \right) - n \right]^2$ where $n = h/H$.</p> <p>(By Burkov)</p>																				

Referências bibliográficas:

- Azevedo Netto, J.M. et ali; "Manual de Hidráulica", Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1998.
- Dacach, N.G.; "Sistemas Urbanos de Água"; Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1979.
- Marques, J.A.A.S.; Sousa, J.J.O.; "Hidráulica Urbana"; Imprensa da Univ. de Coimbra, Coimbra, 2018.
- Neves, E.T.; "Curso de Hidráulica"; Editora Globo, Porto Alegre, 1977.
- Porto, R.M.; "Hidráulica Básica", EESC-USP, São Carlos, 2004.
- Simon, L. S.; "Hydraulics", John Wiley & Sons, New York, 1986.
- Streeter, V.L.; Wylie, E.B.; "Fluid Mechanics", McGraw-Hill, New York, 1985.
- Tullis, J.P.; "Hydraulics of Pipelines", John Wiley & Sons, New York, 1989.

LC - 30/11/2021