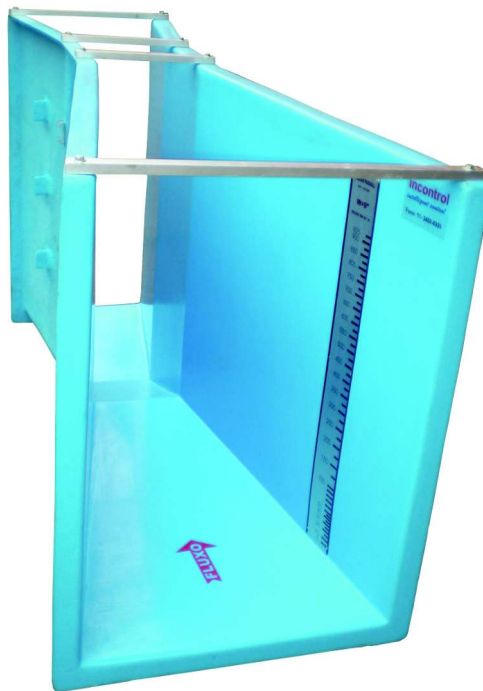


Manual de Operação e Instalação

Calha Parshall

MEDIDOR DE VAZÃO EM CANAIS ABERTOS



ÍNDICE

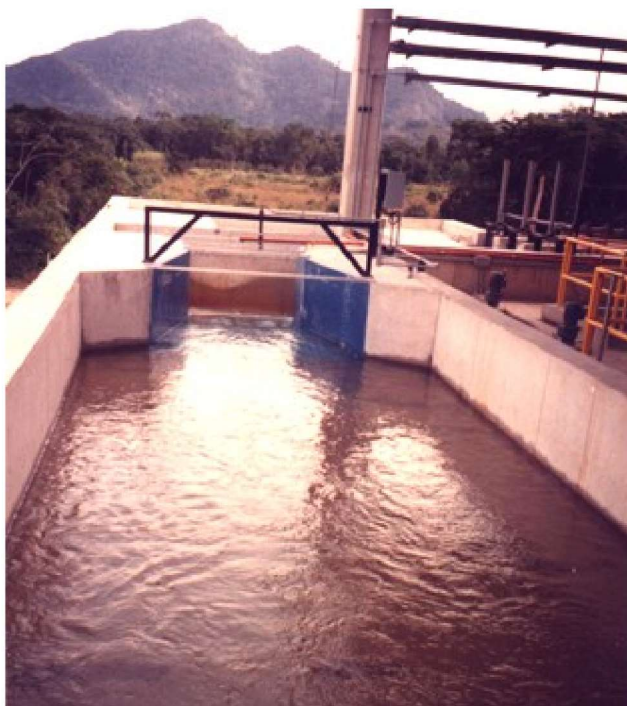
1.INTRODUÇÃO.....	3
2.PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.....	4
3.CONSTRUÇÃO.....	5
4.SELEÇÃO DE TAMANHO.....	9
5.INSTALAÇÃO.....	10
6.OPERAÇÃO.....	10
7.MANUTENÇÃO.....	11
8.FÓRMULAS E TABELAS.....	11
9.MEDIDOR DE NÍVEL.....	12

Aviso:

Este manual poderá ser alterado sem prévio aviso, pois os dados desse documento são revisados periodicamente e as correções necessárias serão consideradas nas próximas versões. Agradecemos por qualquer tipo de sugestão que venha contribuir para a melhora deste documento.

1. INTRODUÇÃO

O medidor Parshall desenvolvido pelo engenheiro Ralph L. Parshall, na década de 1920, nos Estados Unidos, é uma melhoria realizada no projeto de calha Venturi. Desenvolvido inicialmente para aplicações em irrigação, hoje em dia é utilizado frequentemente nas aplicações industriais e de saneamento.



2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O medidor Parshall, também conhecido por Calha Parshall, é um medidor de vazão para canais abertos. A calha é constituída de uma estrutura com paredes verticais, possuindo na entrada um trecho convergente (0-1), um trecho contraído em declive de seção constante (1-2), e na saída um trecho divergente em aclave (2-3).

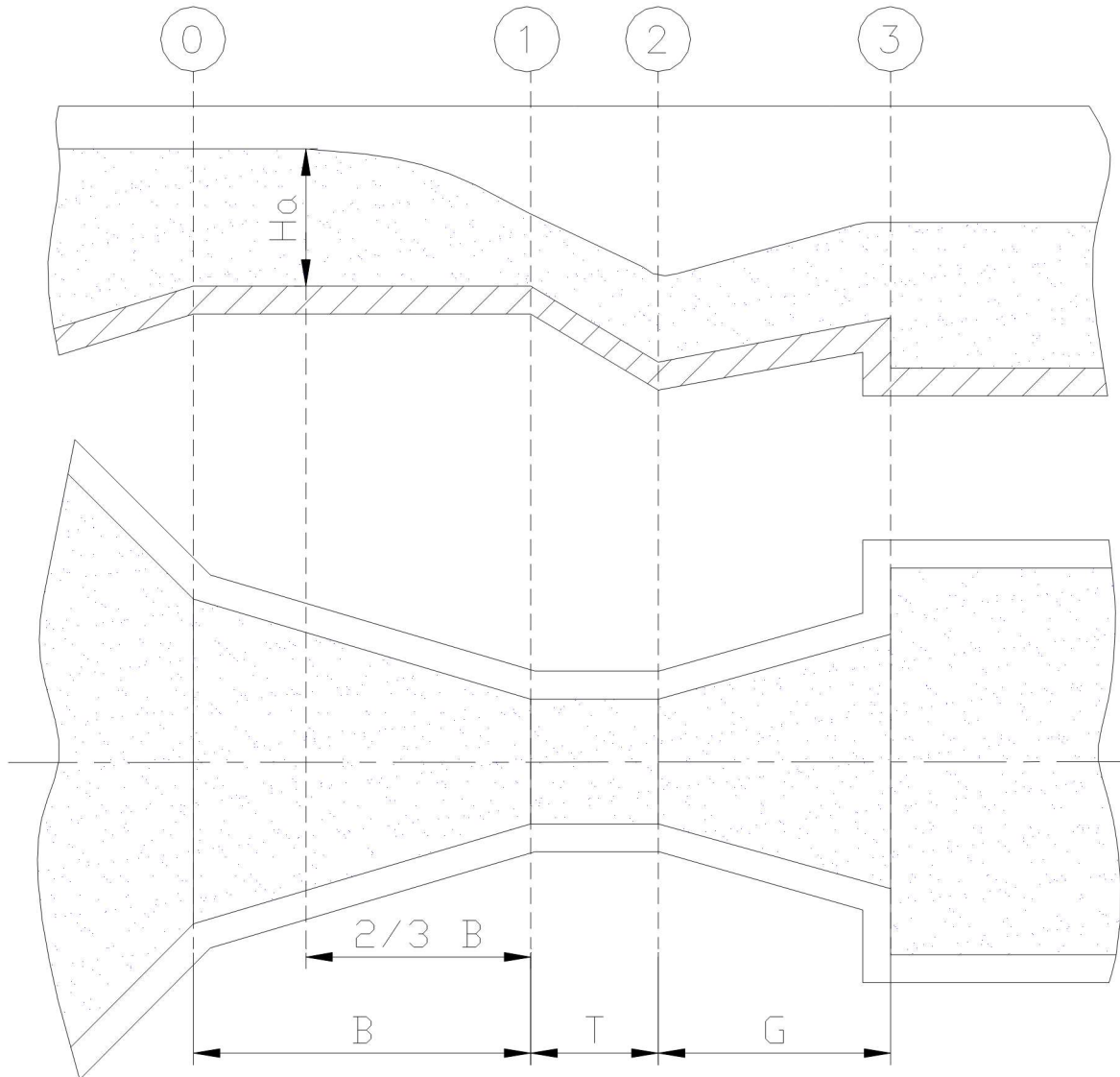


Figura 1

O trecho convergente, também chamado de crista, produz um nível (H_a), no líquido medido, que está diretamente relacionado com a vazão.

Com auxílio de um medidor de nível externo adequado, podemos obter leituras de vazão com uma boa precisão.

3. CONSTRUÇÃO

Os tamanhos das calhas Parshall são designados pela largura da garganta (trecho contraído) e podem ser construídos no campo ou fabricados com fibra de vidro, aço carbono revestido, aço inox ou concreto.

A norma vigente no Brasil é a norma NBR/ISO 9826:2009. Porém, tendo em vista ser uma norma relativamente nova, a grande maioria das calhas Parshall existentes obedecem à norma ASTM D1941:1991 (2013).

Neste manual apresentamos os dados das duas normas. Portanto, verificar por qual norma foi fabricada a sua calha para utilizar corretamente os dados aqui apresentados.

Os tamanhos disponíveis são os apresentados nas tabelas abaixo:

3.1 NORMA NBR/ISO 9826:2009

As tabelas a seguir apresentam, respectivamente, as características de vazão das calhas Parshall de pequenas (Tabela 1) e grandes (Tabela 2) dimensões:

Calha Parshall n°	Largura da Garganta b (m)	Equação da vazão ¹⁾ $Q = C h_a^n$ (m ³ /s)	Intervalo de Altura h_a (m)		Intervalo da Vazão ²⁾ Q (x10 ⁻³ m ³ /s)		Limite modular \square_c (experimental)	Razão de Submersão \square (recomendado)
			min.	max.	min.	max.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,152	$0,381 h_a^{1,580}$	0,03	0,45	1,5	100	0,55	0,6
2	0,250	$0,561 h_a^{1,513}$	0,03	0,60	3,0	250	-	0,6
3	0,300	$0,679 h_a^{1,521}$	0,03	0,75	3,5	400	0,62	0,6
4	0,450	$1,038 h_a^{1,537}$	0,03	0,75	4,5	630	0,64	0,6
5	0,600	$1,403 h_a^{1,548}$	0,05	0,75	12,5	850	0,66	0,6
6	0,750	$1,772 h_a^{1,557}$	0,06	0,75	25,0	1100	0,67	0,6
7	0,900	$2,147 h_a^{1,565}$	0,06	0,75	30,0	1250	0,68	0,6
8	1,000	$2,397 h_a^{1,569}$	0,06	0,80	30,0	1500	-	0,7
9	1,200	$2,904 h_a^{1,577}$	0,06	0,80	35,0	2000	0,70	0,7
10	1,500	$3,668 h_a^{1,586}$	0,06	0,80	45,0	2500	0,72	0,7
11	1,800	$4,440 h_a^{1,593}$	0,08	0,80	80,0	3000	0,74	0,7
12	2,100	$5,222 h_a^{1,599}$	0,08	0,80	95,0	3600	0,76	0,7
13	2,400	$6,004 h_a^{1,605}$	0,08	0,80	100,0	4000	0,78	0,7

1) $C = C_D b^{3,279^n}$
onde
 C_D é o coeficiente de descarga
 n é um expoente dependente de b

2) Valores arredondados

Tabela1

Calha Parshall n°	Largura da Garganta b (m)	Equação da vazão ¹⁾ $Q = C_1 h_a^{1,6}$ (m ³ /s)	Intervalo de Altura h_a (m)		Intervalo da Vazão ²⁾ Q (m ³ /s)		Razão de Submergência \square (recomendado)	Coeficiente de Submergência (Fator de Correção) C_s
			min.	max.	min.	max.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	3,05	$7,463 h_a^{1,6}$	0,09	1,07	0,16	8,28	0,80	1,0
15	3,68	$8,859 h_a^{1,6}$	0,09	1,37	0,19	14,68	0,80	1,2
16	4,57	$10,96 h_a^{1,6}$	0,09	1,67	0,23	25,04	0,80	1,5
17	6,10	$14,45 h_a^{1,6}$	0,09	1,83	0,31	37,97	0,80	2,0
18	7,62	$17,94 h_a^{1,6}$	0,09	1,83	0,38	47,16	0,80	2,5
19	9,14	$21,44 h_a^{1,6}$	0,09	1,83	0,46	56,33	0,80	3,0
20	12,19	$28,43 h_a^{1,6}$	0,09	1,83	0,60	74,70	0,80	4,0
21	15,24	$35,41 h_a^{1,6}$	0,09	1,83	0,75	93,04	0,80	5,0

Tabela 2

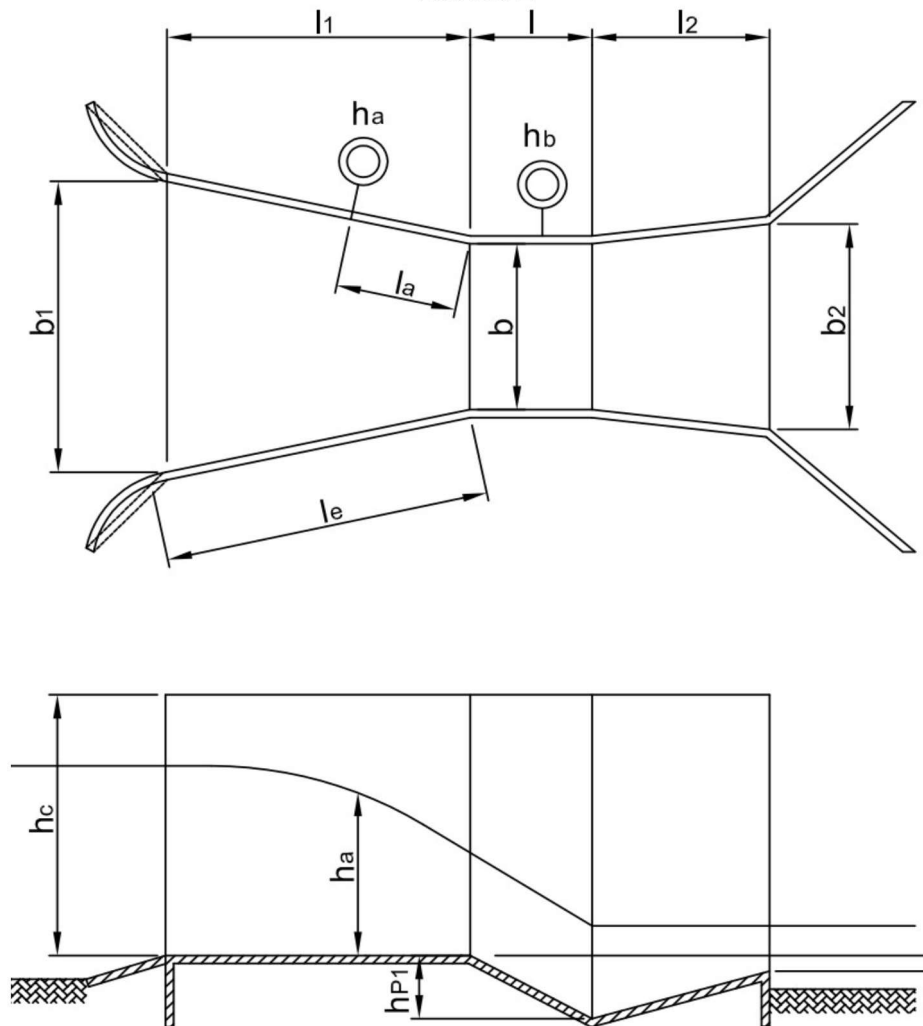


Figura 2

Calha Parshall nº	Garganta			Seção de Entrada				Seção de Saída			Altura da Parede
	b	l	h_{p1}	b_1	l_1	l_e	l_a	b_2	l_2	h_{p2}	
1	0,152	0,305	0,115	0,400	0,610	0,622	0,415	0,390	0,610	0,012	0,600
2	0,250	0,600	0,230	0,780	1,325	1,352	0,900	0,550	0,920	0,072	0,800
3	0,300	0,600	0,230	0,840	1,350	1,377	0,920	0,600	0,920	0,072	0,950
4	0,450	0,600	0,230	1,020	1,425	1,454	0,967	0,750	0,920	0,072	0,950
5	0,600	0,600	0,230	1,200	1,500	1,530	1,020	0,900	0,920	0,072	0,950
6	0,750	0,600	0,230	1,380	1,575	1,607	1,074	1,050	0,920	0,072	0,950
7	0,900	0,600	0,230	1,560	1,650	1,683	1,121	1,200	0,920	0,072	0,950
8	1,000	0,600	0,230	1,680	1,700	1,734	1,181	1,300	0,920	0,072	1,000
9	1,200	0,600	0,230	1,920	1,800	1,836	1,227	1,500	0,920	0,072	1,000
10	1,500	0,600	0,230	2,280	1,950	1,989	1,329	1,800	0,920	0,072	1,000
11	1,800	0,600	0,230	2,640	2,100	2,142	1,427	2,100	0,920	0,072	1,000
12	2,100	0,600	0,230	3,000	2,250	2,295	1,534	2,400	0,920	0,072	1,000
13	2,400	0,600	0,230	3,380	2,400	2,448	1,632	2,700	0,920	0,072	1,000
14	3,050	0,910	0,343	4,760	4,270	-	1,830	3,660	1,830	0,152	1,220
15	3,660	0,910	0,343	5,610	4,880	-	2,030	4,470	2,440	0,152	1,520
16	4,570	1,220	0,457	7,620	7,620	-	2,340	5,590	3,050	0,203	1,830
17	6,100	1,830	0,686	9,140	7,620	-	2,840	7,320	3,660	0,305	2,130
18	7,620	1,830	0,686	10,670	7,620	-	3,350	8,940	3,960	0,305	2,130
19	9,140	1,830	0,686	12,310	7,930	-	3,880	10,570	4,270	0,305	2,130
20	12,190	1,830	0,686	15,480	8,230	-	4,880	13,820	4,880	0,305	2,130
21	15,240	1,830	0,686	18,530	8,230	-	5,890	17,270	6,100	0,305	2,130

Tabela 3

3.2 NORMA ASTM D1941:1991 (2013)

Largura da Garganta	Capacidade de Vazão	
	W (inch)	Min (m³/h)
1"	0,51	6,5 - 15,3
2"	1,02	15,0 - 30,6
3"	3,06	40,0 - 194
6"	5,11	398
9"	9,18	907
12"	11,2	1641
18"	15,3	2508
24"	42,8	3374
36"	62,3	5138
48"	132	6922
60"	163	8726
72"	265	10551
84"	306	12376
96"	357	14221

Tabela 4

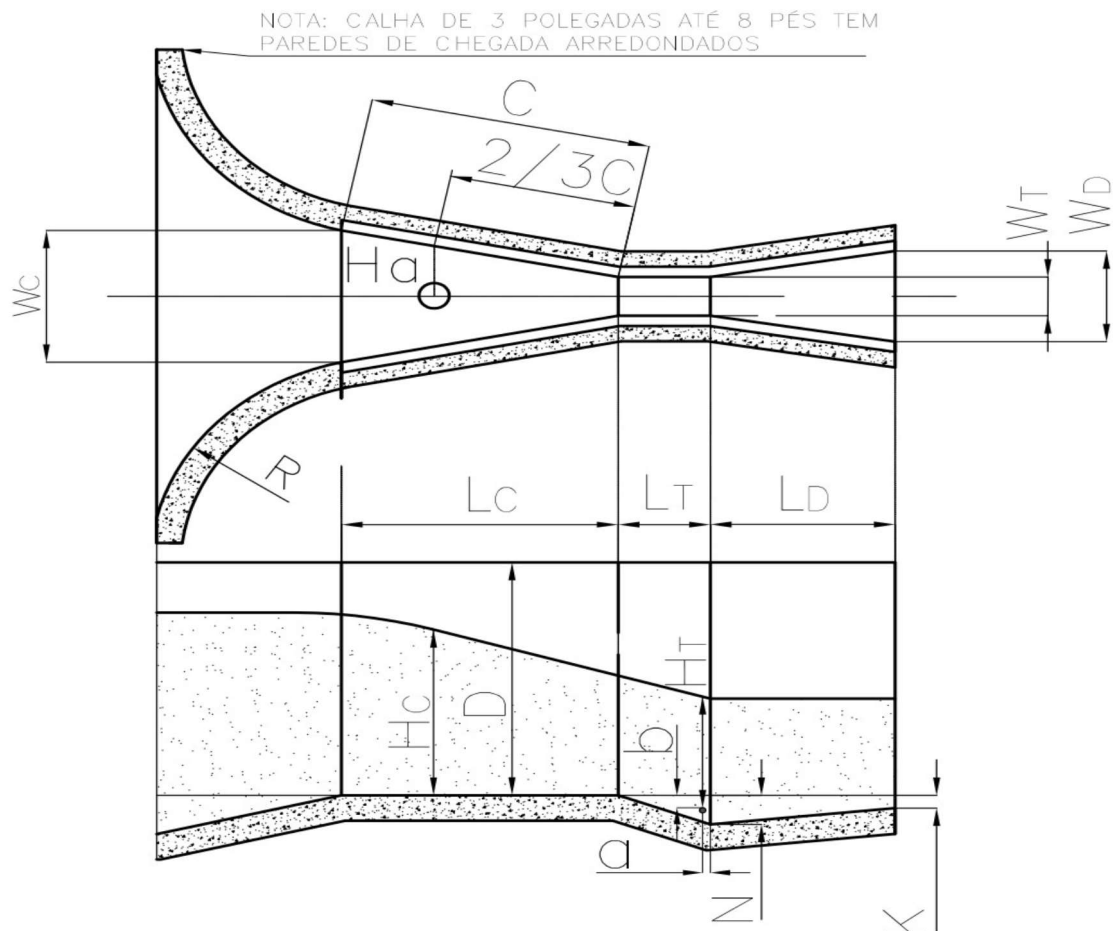


Figura 3

DIMENSÕES													
W_t	C	$2/3C$	L_c	W_d	W_c	D	L_t	L_d	K	N	R	a	b
[inch]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1"	363	241	357	93	167	152-229	76.2	204	18,9	28.7	201	7.92	12.8
2"	415	277	405	135	213	152-253	114	253	22.3	43.0	201	15.8	25.3
3"	466	311	457	178	259	305-610	152	305	25.3	57.3	406	25.3	38.1
6"	622	415	610	393	396	610	305	610	76.2	114.3	406	50.9	76.2
9"	878	588	863	381	573	762	305	457	76.2	114.3	406	50.9	76.2
12"	1372	914	1344	610	844	914	610	914	76.2	228.6	508	50.9	76.2
18"	1448	966	1420	762	1024	914	610	914	76.2	228.6	508	50.9	76.2
24"	1524	1015	1497	914	1207	914	610	914	76.2	228.6	508	50.9	76.2
36"	1676	1119	1646	1219	1573	914	610	914	76.2	228.6	508	50.9	76.2
48"	1829	1219	1792	1524	1935	914	610	914	76.2	228.6	610	50.9	76.2
60"	1981	1320	1945	1829	2301	914	610	914	76.2	228.6	610	50.9	76.2
72"	2134	1423	2091	2134	2667	914	610	914	76.2	228.6	610	50.9	76.2
84"	2286	1524	2240	2438	3033	914	610	914	76.2	228.6	610	50.9	76.2
96"	2438	1625	2390	2743	3399	914	610	914	76.2	228.6	610	50.9	76.2

Tabela 5

Obs.: Dimensões maiores do que 96" (8 pés), vide Norma ASTM. As dimensões da calha Parshall devem obedecer à tabela 5 acima, com tolerância dentro de $\pm 2\%$. Correções da geometria fora do padrão são estimativas.

4. SELEÇÃO DE TAMANHO

Para a seleção do tamanho do medidor Parshall, devem ser conhecidos os seguintes dados:

- a-) largura do canal na montante e na jusante;
- b-) vazões máxima e mínima;
- c-) profundidade da água no canal;
- d-) perda de carga admissível;
- e-) previsão para vazões futuras.

As seguintes recomendações devem ser levadas em conta:

- a-) Utilizar sempre escoamento livre, pois assim é necessário apenas um medidor de nível no trecho convergente;
- b-) Para se obter escoamento livre as seguintes condições devem ser obedecidas:
 - Norma NBR/ISO 9826:2009:
 - 1-) relação $h_b/h_a = 0,6$ para medidores até 0,90 m;
 - 2-) relação $h_b/h_a = 0,7$ para medidores até 2,40 m;
 - 3-) relação $h_b/h_a = 0,8$ para medidores até 15,24 m.
 - Norma ASTM D1941:1991 (2013):
 - 1-) relação $H_b/H_a < 0,5$ para medidores de 1", 2" e 3";
 - 2-) relação $H_b/H_a < 0,6$ para medidores de 6" e 9";
 - 3-) relação $H_b/H_a < 0,7$ para medidores de 12" a 96";
 - 4-) relação $H_b/H_a < 0,8$ para medidores a partir de 120".

Onde: h_a e H_a – correspondem à altura da lâmina de água a montante.

h_b e H_b - correspondem à altura da lâmina de água a jusante (na Tabela 5: X e Y).

- c-) Carga total na crista do medidor não superior à carga total na seção de entrada;
- d-) Perda de carga no medidor não superior à carga disponível;
- e-) Caso tenha afogamento, obedecer os máximos citados anteriormente (item b). Neste caso será necessário instalar um medidor de nível também no trecho contraído;
- f-) Obedecidas todas as condições citadas, escolher a calha de menor largura.

5. INSTALAÇÃO

Algumas condições básicas de instalação devem ser obedecidas:

- a-) O medidor Parshall deve ser instalado precedido à montante ou por um reservatório de grande dimensão, onde a velocidade seja sensivelmente nula, ou por um trecho de canal prismático onde o escoamento seja uniforme;
- b-) O medidor deve estar instalado com o canal tanto na montante como na jusante;
- c-) O medidor deve ser alinhado longe o suficiente da comporta ou curvas, para que o escoamento na região da entrada do medidor seja uniforme e completamente livre de turbulências, ondas ou vórtices;
- d-) Como guia geral, o comprimento do canal de entrada deve ser de 10 a 20 vezes a largura da garganta da calha em questão (Norma ASTM D1941) ou de 5 a 10 vezes a largura do canal de entrada (Norma NBR/ISO 9826);
- e-) A crista do medidor deve estar rigorosamente em nível a fim de assegurar a mesma vazão para o mesmo nível ao longo da largura do medidor;
- f-) As paredes laterais do trecho contraído devem estar paralelas e verticais;
- g-) Pode-se construir com aclive de 1:4 uma rampa inicial no início da seção convergente;
- h-) Pode-se construir um degrau na saída ao fim da seção divergente (vide figura 2);
- i-) Pode-se fazer uma concordância em planta, na parte da entrada através de raios convenientes, por exemplo, para medidores menores do que 12" um raio de 0,41 m, para medidores de 12" a 36" um raio de 0,51 m e para medidores de 48" a 96" um raio de 0,61 m;
- j-) O medidor de nível deve estar instalado de forma a medir o valor da altura da lâmina de água a montante e da altura da lâmina de água a jusante;
- k-) As paredes em contato com a água devem ser o mais lisas possíveis;
- l-) Se o fluxo de aproximação é supercrítico, deve ser instalada uma queda hidráulica a pelo menos uma distância da calha de 30 Ha.

6. OPERAÇÃO

Operando-se com escoamento livre, basta uma medida da altura da lâmina de água a montante para se conhecer a vazão. Esta medida é feita na seção convergente, crista, localizada a uma distância de $2/3$ do comprimento da parede convergente em relação à garganta.

Na operação não desejada, porém possível, ou seja, condição de escoamento por submersão, além da medida na crista, será preciso também uma medida da altura da lâmina de água a jusante, num ponto próximo da seção final da garganta, representada pelas cotas X e Y na Tabela 5.

Para medidores de 6" a 96", a posição dessa segunda medida deverá ficar a 2" a montante da parte final da seção estrangulada.

As relações Hb/Ha e que constitui a vazão de submersão na prática não deve ultrapassar 90%. Um limite prático recomendado de nível mínimo é de 30 mm.

7. MANUTENÇÃO

A manutenção de um medidor Parshall é bastante simples, pois sua forma construtiva dificulta o acúmulo de sedimentos. Por isso, o medidor Parshall é comumente utilizado em esgoto e água com sólidos em suspensão

Porém, faz-se necessária uma vistoria cuja frequência é estudada caso a caso, dependendo da sua condição de operação.

Além do aspecto limpeza, observar as condições da calha propriamente dita, pois dependendo do material de construção (se concreto, alvenaria, madeira, metal ou fibra de vidro) pode ter tempo de vida variável.

8. FÓRMULAS E TABELAS

A função matemática para a norma ASTM D1941:1991(2013) que expressa a vazão em função da altura é:

$$Q = K \times H^n$$

Onde: K é uma constante que depende das dimensões da calha e ajuste da unidade de engenharia;

n é um valor que difere ligeiramente de 3/2 (vide a tabela abaixo para valores de K e n para diversos padrões).

Valores de n – K [para vazão em m ³ /h]			
W		n	K
[inch]	[mm]		
1"	25,4	1,550	217,29
2"	50,8	1,550	434,58
3"	76,2	1,547	633,60
6"	152,4	1,580	1371,60
9"	228,6	1,530	1926,00
12"	304,8	1,522	2484,00
18"	457,2	1,538	3794,40
24"	609,6	1,550	5133,60
36"	914,4	1,566	7855,20
48"	1219,2	1,578	10566,00
60"	1524,0	1,587	13420,80
72"	1828,8	1,595	16254,00
84"	2133,6	1,601	19101,60
96"	2438,4	1,607	21963,60

Tabela 6

9. MEDIDOR DE NÍVEL

O medidor Parshall pode ser fornecido com escala graduada em vazão, nas unidades de engenharia de sua escolha. As unidades mais comuns são: m³/h, l/min ou l/s.

Atualmente, o medidor de nível mais utilizado na calha Parshall é do tipo ultrassônico, por sua precisão ($\pm 0,25\%$ FE) e por sua praticidade, pois, como o sensor não entra em contato direto com o fluido, não há problemas de incrustações. Além disso, também temos a vantagem de transmitir à distância, através de sinal elétrico, os valores de vazão (instantânea ou totalizada), seja por um sinal analógico 4-20 mA, seja por uma comunicação serial RS485, protocolo ModBus (e outros, sob consulta).

O medidor de nível ultrassônico possui um conversor com leitura direta ou vazão, na unidade de engenharia desejável, como também podendo totalizar o volume do líquido que já passou pelo medidor Parshall.

Nota: Para a verificação ou calibração do instrumento (sistema) secundário é necessário, segundo a Norma ASTM D1941:1991 (2013), fazer uma verificação independente, isto é, o instrumento deve ser comparado a uma escala graduada e realizada a conversão para vazão ou por meio de um dispositivo de medida.