



## VERTEDORES ou VERTEDOUROS

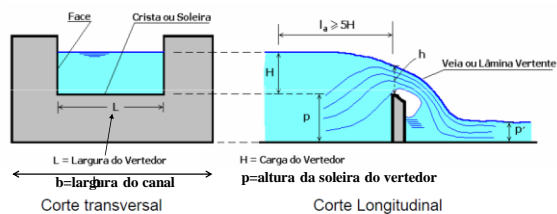
### VERTEDORES - DEFINIÇÃO

Podem ser definidos como paredes, diques ou aberturas sobre as quais um líquido escoar. O termo também é aplicado aos extravasores de represas.

Os VERTEDORES devem ser construídos com **forma geométrica definida** e seu estudo é feito considerando-os como **orifícios incompletos (sem a parte superior)**.

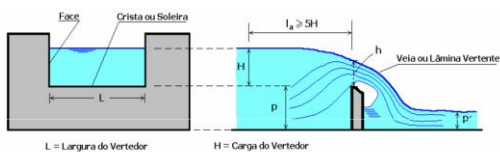
### VERTEDORES

Terminologia para o escoamento através dos vertedores



VERTEDOR RETANGULAR COM CONTRAÇÕES LATERAIS

## CLASSIFICAÇÃO DOS VERTEDORES



Quanto à forma:

- Simples: retangular, triangular, trapezoidal, circular, exponencial;
- Compostos: mais de uma forma simples combinadas;

Quanto à altura relativa da soleira:

- Livres ou completos: ( $p > p'$ );
- Afogados ou incompletos: ( $p < p'$ );

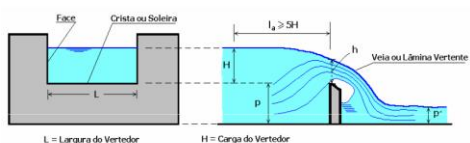
## CLASSIFICAÇÃO DOS VERTEDORES



**Vertedor simples (retangular)**  
utilizado para medir grandes vazões.

**vertedor de seção composta (retangular na parte superior e triangular em baixo).**  
A forma triangular é apropriada para medir vazões pequenas com precisão.

## CLASSIFICAÇÃO DOS VERTEDORES



Quanto à espessura da parede:

- parede delgada ou soleira fina:  $e \leq 2H/3 \rightarrow$  contato segundo uma linha entre a lâmina e a soleira;
- parede espessa ou soleira espessa:  $e > 2H/3$ ;

Quanto à largura relativa da soleira:

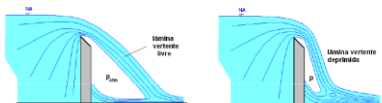
- sem contrações laterais:  $L = B$ ;
- com uma ou duas contrações laterais:  $L < B$ ;

### Influência da Forma da Veia Fluida I

- Quando o ar não entra, naturalmente, no espaço abaixo da lâmina vertente, pode ocorrer uma pressão menor que a pressão atmosférica, produzindo uma depressão da veia líquida. Esse fenômeno altera a determinação da vazão pelas fórmulas clássicas.
- O fenômeno é comum nos vertedores sem contração e pode ocorrer ocasionalmente nos vertedores com contração lateral.
- Nessas condições a lâmina deixa de ser livre, para adotar as formas de lâmina deprimida, lâmina aderente ou lâmina afogada.
- Quando se utiliza um vertedor para medição de vazão, deve-se evitar a ocorrência do fenômeno acima descrito.

**Influência da forma da Veia Fluida 2**

As diferentes formas da veia fluida que pode ocorrer nos vertedores:



**Lâmina livre:**

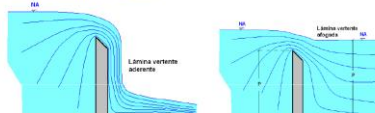
- A pressão sob a lâmina é igual à pressão atmosférica.
- Situação ideal para uso do vertedor como medidor de vazão

**Lâmina deprimida:**

- O ar é arrastado pela água, provocando o aparecimento de uma pressão negativa sob a lâmina, o que modifica a forma da mesma.

**Influência da forma da Veia Fluida 3**

Lâminas aderente e afogada



**Lâmina aderente:**

- O ar é totalmente arrastado pela água, provocando a aderência da lâmina na parede do vertedor. Ocorre muito em vazões pequenas.

**Lâmina afogada:**

- O nível da água a jusante é superior à altura da soleira.
- $p > p'$

**CLASSIFICAÇÃO DOS VERTEDORES**

Quanto à contração do vertedor

- Sem contrações
- Uma contração
- Duas contrações

Obs: a contração do fundo é obrigatória

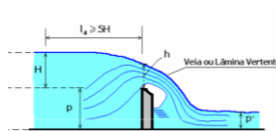
a) sem contrações; b) uma contração lateral; c) duas contrações

**CÁLCULO DA VAZÃO ATRAVÉS DE VERTEDORES RETANGULARES DE PAREDE FINA SEM CONTRAÇÕES**

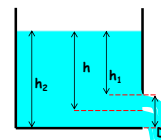
Para orifícios de grandes dimensões, foi deduzida a seguinte equação:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot L \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (h_1^{2/3} - h_2^{2/3})$$

para  $h_1=0$  e  $h_2=H$ , a equação se torna:



$$Q = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot L \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot H^{3/2}$$



## CÁLCULO DA VAZÃO ATRAVÉS DE VERTEDORES

$$Q = K \cdot L \cdot H^{3/2}, \text{ sendo } K = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot \sqrt{2 \cdot g}$$

Para o valor médio de  $C_d = 0,62$ , tem-se:

$$K = 2/3 \times 0,62 \times 4,43 = 1,838$$

$$Q = 1,838 \cdot L \cdot H^{3/2} \quad \text{EQ. (12.75)}$$

(Fórmula de Francis para vertedores retangulares sem contrações laterais)

Sendo  $Q$  dada em  $m^3/s$  e  $L$  e  $H$  em metros.

Vertedores Retangulares de **Parede Delgada** sem Contrações

- Valores do Coeficiente de Vazão  $C_D$ ;
- Fórmula de Francis (1905):

$$C_D = 0,615 \left[ 1 + 0,26 \cdot \left( \frac{H}{H+P} \right)^2 \right] \quad \text{EQ. (12.74)}$$

( $0,25 < H < 0,80$  m;  $P > 0,30$  m e  $H < P$ )

- Para  $P/H > 3,5$ ,  $C_D = 0,623$ , logo:

$$Q = 1,838 \cdot L \cdot H^{3/2} \quad \text{EQ. (12.75)}$$

Vertedores Retangulares de **Parede Delgada** sem Contrações

- Valores do Coeficiente de Vazão  $C_D$ ;
- Fórmula de Rehbock (1912):

$$C_D = 0,605 + 0,08 \cdot \frac{H}{P} \cdot \frac{1}{1000H} \quad \text{EQ. (12.72)}$$

( $0,25 < H < 0,80$  m;  $P > 0,30$  m e  $H < P$ )

- Fórmula de Rehbock (1929):

$$C_D = \left[ 0,6035 + 0,0813 \cdot \left( \frac{H + 0,0011}{P} \right) \right] \left[ 1 + \frac{0,0011}{H} \right]^{3/2} \quad \text{EQ. (12.73)}$$

( $0,03 < H < 0,75$  m;  $L > 0,30$  m;  $P > 0,30$  m e  $H < P$ )

- Outras fórmulas:

– Bazin

– Kindsvater e Carter

Vertedores Retangulares de Parede Delgada sem Contrações

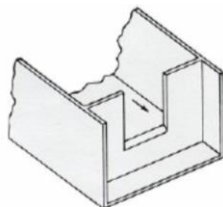
- **Influência da contração lateral:** utiliza-se uma largura fictícia  $L^*$

- **Contração numa só face:**

$$L^* = L - 0,1 \cdot H$$

- **Contração nas duas faces:**

$$L^* = L - 0,2 \cdot H$$



## RECOMENDAÇÕES PARA CONSTRUÇÃO DE UM VERTEDOR RETANGULAR

O comprimento da soleira deve ser no mínimo igual a 3H (no mínimo 20 a 30 cm);

A montante do vertedor deve haver um trecho retilíneo para regularizar o movimento da água, de preferência com o fundo em nível.

### Observações:

- A régua pode ser colocada num poço lateral ao canal para fugir da influência de ondas;

- O nível da água a jusante não deve estar próximo da soleira do vertedor ( $p' < p$ ).

## RECOMENDAÇÕES PARA CONSTRUÇÃO DE UM VERTEDOR RETANGULAR

(Preferencialmente sem contração lateral)

A soleira deve ser delgada, reta, em nível com o plano horizontal e normal à direção do fluxo (convém utilizar uma placa de metal);

A distância da crista ao fundo e aos lados do canal deve ser igual a 3H (no mínimo 20 cm);

Deve haver livre admissão de ar debaixo da lâmina de água (veia livre);

A carga hidráulica H deve ser maior que 5 cm e menor que 60 cm;

### Avaliação de Erro nos Vertedores

- Nas medidas das grandezas envolvidas na determinação da vazão, podem ocorrer erros que levam a incerteza nessa medida.

- Para um vertedor retangular:

$$Q = K L H^{3/2} \quad \frac{dQ}{dH} = \frac{3}{2} K L H^{1/2} \quad \frac{dQ}{Q} = \frac{\frac{3}{2} K L H^{1/2} dH}{K L H^{3/2}}$$

$$\frac{dQ}{Q} = 1,5 \frac{dH}{H}$$

- $dQ/Q \rightarrow$  erro relativo na medida da vazão
- $dH/H \rightarrow$  erro relativo na medida da carga

- Um erro de 1% na medida da carga causa um erro de 1,5% na medida da vazão, não considerando o erro na medida da largura da soleira.

**CLASSIFICAÇÃO DOS VERTEDORES:**  
**SOLEIRA DELGADA (laboratório de hidráulica)**



**Vertedor triangular de soleira delgada**

**VERTEDOR TRIANGULAR DE PAREDE DELGADA**

**Vertedor Triangular:**

Utilizado para medição de pequenas vazões ( $Q < 30 \text{ l/s}$ )  
 Maior precisão na medida da carga,  $H$ .  
 São construídos em chapa de aço

Admitindo-se uma faixa horizontal de altura elementar  $dz$  e comprimento  $x$ , como um orifício pequeno, a vazão será  $dQ = C_d V_r dA$ .

$$dQ = C_d \sqrt{2gz} \cdot x \cdot dz$$

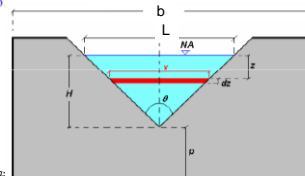
$$dQ = \sqrt{2gz} dA = 2\sqrt{2gz} x dz$$

como:  $\text{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{x}{H-z}$ , a vazão elementar se torna:

$$dQ = 2\sqrt{2gz} \left(\frac{\theta}{2}\right) (H-z) \sqrt{2gz} dz$$

Integrando entre 0 e  $H$ , tem-se:  $Q = 2\sqrt{2gz} \left(\frac{\theta}{2}\right) \int_0^H (H-z) \sqrt{z} dz$

$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \text{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) H^{5/2} \quad \text{EQ. (12.79)}$$



**Vertedores Triangulares de Parede Delgada**

- Para  $\alpha = 90^\circ$

- *Fórmula de Thomson*

$$Q = 1,40 \cdot H^{3/2} \quad \text{EQ. (12.80)}$$

( $0,05 < H < 0,38 \text{ m}$ ;  $P > 3 H$  e  $B > 6 H$ )

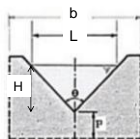
- *Fórmula de Gourley e Grimp*

$$\text{EQ. (12.81)} \quad Q = 1,32 \cdot H^{2,48}$$

$$\text{Gourley : } Q = 1,32 \text{ tg}(\%) H^{2,48}$$

GERAL

( $0,05 < H < 0,38 \text{ m}$ ;  $P > 3 H$  e  $B > 6 H$ )



**VERTEDOR TRIANGULAR**



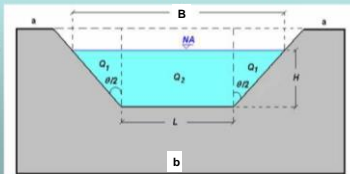
### VERTEDOR TRAPEZOIDAL DE PAREDE DELGADA

Tem a forma de um trapézio de largura menor L e altura H.  
 É considerado como sendo formado por um vertedor retangular e um triangular, de ângulo  $\theta$ .  
 O trapézio é usado para compensar o decréscimo de vazão que se observa devido às contrações.

$$Q = Q_2 + 2.Q_1 \quad Q = \frac{2}{3} C_d L \sqrt{2g} H^{3/2} + \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) H^{5/2}$$

Para esse tipo de vertedor pode-se considerar a influência da velocidade de aproximação somando-se a parcela  $[\alpha \cdot V^2 / (2g)]^{1/2}$  ao valor de H.

Tal correção deverá ser feita sempre que a área da seção transversal do canal for inferior a 6.L.H



### VERTEDOR TRAPEZOIDAL DE PAREDE DELGADA CIPOLETTI

É um tipo especial de um vertedor trapezoidal, onde as faces são inclinadas de 1:4 (h:v), tal que  $\operatorname{tg}(\theta/2) = 1/4$ .

A declividade de 1:4 tem o objetivo de compensar a diminuição de largura devida à contração lateral, de forma que a equação a ser usada é a do vertedor retangular de parede delgada com duas contrações:

$$Q = \frac{2}{3} C_d L \left(1 - \frac{2H}{10}\right) \sqrt{2g} H^{3/2}$$

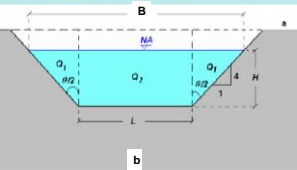
Cipolletti propôs que  $C_d = 0,63$   
 E que os limites seguintes fossem Respeitados:

$0,05 < h < 0,60 \text{ m}$   
 $H < L/3$

$p > 3.H$  e  $a > 2.H$

Largura do canal (b)  $> 30$  a  $60.H$

Valendo a seguinte fórmula:

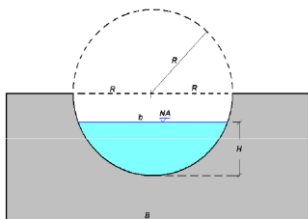


$$Q = 1,861 L H^{3/2} \quad \text{EQ. (12.83)}$$

### Vertedor Circular

#### Vertedor Circular

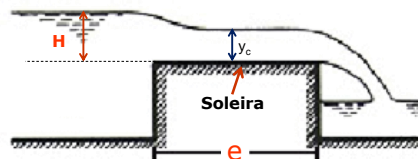
- Usado para pequenas vazões
- Fácil construção e instalação
- Não requer nivelamento da soleira
- Lâmina vertente sempre aerada
- Mais eficiente para pequenos valores de H
- Pouco empregado



$$Q = 1,518 D^{0,693} H^{1,807}$$

Obs: Q em m<sup>3</sup>/s e D e H em m.

### CLASSIFICAÇÃO DOS VERTEDORES: SOLEIRA ESPESSA HORIZONTAL



Condição:  $e > 0,66 H$

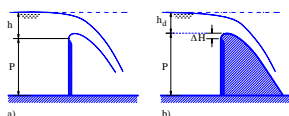
$$Q = 1,704 C_d L H^{3/2} \quad \text{EQ. (12.94)}$$

Tabela de Cd (Tabela 12.7)

Para vertedores com **aresta de montante arredondada** (laboratório de hidráulica) → valores tabelados devem ser aumentados de 10%

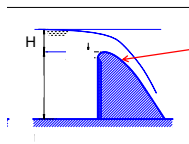
## Descarregadores de barragens

- SOLEIRA ESPESSE TRAPEZOIDAL
- DE SOLEIRA NORMAL (idéia)



## Descarregadores de barragens

- Permitem a passagem das ondas de cheia afluentes ao reservatório.
- Crista de forma especial para permitir a aderência da lâmina vertical, evitando a sua oscilação e efeito de cavitação.

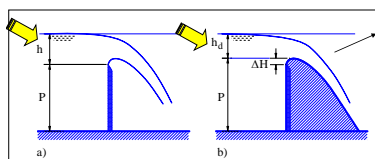


**PERFIL CREAGER OU NORMAL**

$$Q = CLH^{3/2} \text{ (equação 12.100)}$$

L=largura da soleira (m)  
H=carga sobre a soleira (m)  
C=coeficiente de descarga, função de H  
(equação 12.100)

$$1,75 \leq C \leq 2,2$$



**BASEADO NO PERFIL DO VERTEDOR DE PAREDE DELGADA:**

1. MAIOR EFICIÊNCIA HIDRÁULICA
2. FACILIDADES CONSTRUTIVAS → BARRAGEM
3. EVITA DEPRESSÕES (CAVITAÇÃO) NA FACE INFERIOR DA LÂMINA

**EQUAÇÃO BÁSICA DO VERTEDOR CREAGER OU NORMAL:**

$$Q = C.L.h^{3/2}$$

Q - vazão em m<sup>3</sup>/s

L - comprimento do vertedor em m

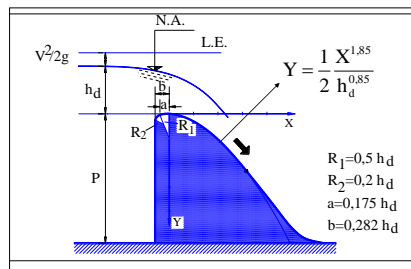
h - carga sobre a soleira em m

C - coeficiente de vazão que varia com a carga h

$$C = 2,215 \left( \frac{h}{h_d} \right)^{0,148} \text{ (equação 12.100)}$$

$h_d$  = é a carga de projeto em m → deve - se tomar  $h_d$  tal que  $h_{max} = 1,33h_d$

## Geometria do perfil CREAGER com paramento de montante vertical



$$R_1 = 0,5 h_d$$

$$R_2 = 0,2 h_d$$

$$a = 0,175 h_d$$

$$b = 0,282 h_d$$





Vertedores da Usina Jupiá (vista superior)- MS/SP  
 Fonte: <http://www.panoramio.com/photo/49535326>

## OUTROS VERTEDORES VERTEADOR TIPO TULIPA



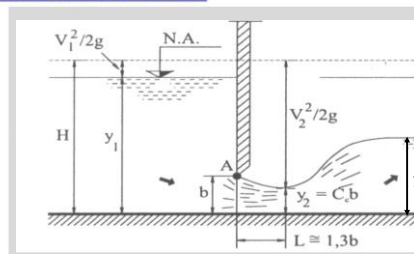
Posicionados no lago, internamente (conduzem água de uma cota superior a outra inferior, no formato tulipa ou vórtice, por exemplo)

FONTE:  
<http://alm.bolsacontinental.com/index.php?file=kop11.php>

## Comporta de fundo plana

Um tipo de controle utilizado em canais, é uma comporta plana, a maioria das vezes vertical e de mesma largura que o canal. Tal dispositivo controla as características do escoamento fluvial a montante e torrencial a jusante. Dependendo da condição hidráulica de jusante o escoamento após a comporta pode ser livre, em geral seguido de um ressalto, ou afogado.

### COMPORTA DE FUNDO PLANA



descarga segue a lei dos orifícios

$$\text{EQ. (12.55)} \quad q = C_d b \sqrt{2gy_1}$$

$$C_d = \frac{C_c}{\sqrt{1 + C_c b/y_1}}$$

$$C_c = 0,61 (\approx c^{0,9})$$

b=abertura da comporta (m)

L=largura da comporta (m)

y1=carga a montante

Seção contraída a aproximada/e 1,3 b a jusante da comporta.  
 Coef. de contração:  $C_c=y_2/b,=0,6$

## COMPORTA DE FUNDO PLANA

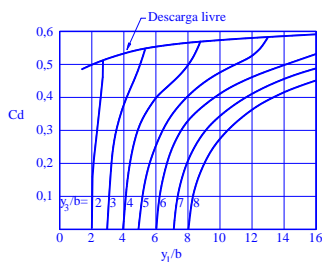


Figura (12.18) - Coeficiente de descarga de uma comporta plana vertical, Henry (29)

### COMPORTA DE FUNDO PLANA

Descarga livre:

$$C_d = 0,611 \left( \frac{y_1 - b}{y_1 + 15b} \right)^{0,072} \quad \text{EQ. (12.56)}$$

Descarga afogada:

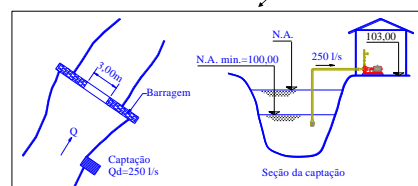
$$C_{da} = C_d (y_1 - y_3)^{0,7} \left\{ 0,32 \left[ 0,81 y_3 \left( \frac{y_3}{b} \right)^{0,72} - y_1 \right]^{0,7} + (y_1 - y_3)^{0,7} \right\}^{-1}$$

Condição para a descarga livre:

$$y_1 \geq 0,81 y_3 \left( \frac{y_3}{b} \right)^{0,72}$$

**LER ÍTEM 12.19 (APLICAÇÕES)-  
PAG.401**

- Problemas: 12.1, 12.3 e 12.18



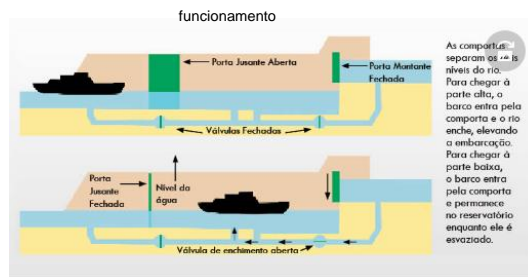
## Eclusas “elevadores de navios/barcos”

- Exemplos:
- Os rios que formam a bacia hidrográfica do Paraná são os rios Paraná e o Parnaíba. São rios de planalto que se apresentam com grandes quedas d'água. Para tornar o rio navegável, foram construídas eclusas junto às barragens das hidrelétricas de Barra Bonita, Jupia, Três Irmãos e outras.
- Canal do Panamá

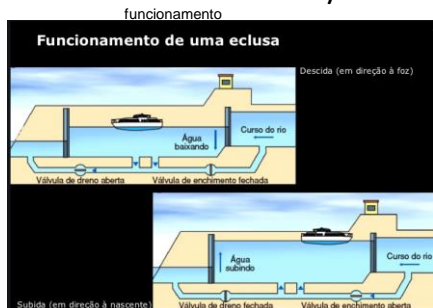


(COELHO, M. A. e TERRA, L. Geografia geral: o espaço natural e socioeconômico. São Paulo: Moderna, 2001 p. 163.)

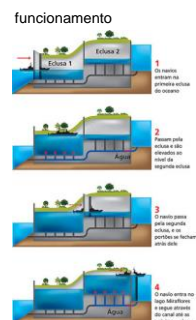
## Eclusas “elevadores de navios/barcos”



## Eclusas “elevadores de navios/barcos”



## Eclusas “elevadores de navios/barcos”



## Exercícios – examinar!

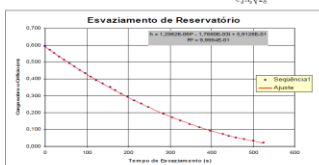
- Obrigada!

- 1) Qual a velocidade do jato e qual a descarga de um orifício padrão ( $C_v = 0,98$  e  $C_d = 0,61$ ), de 6 cm de diâmetro, situado na parede vertical de um reservatório, com o centro 3 m abaixo da superfície da água ?
- 2) Qual o diâmetro que deve ser dado a uma comporta circular de coeficiente de vazão 0,62, com centro 2 m abaixo do nível do reservatório, para que a descarga através da mesma seja de 500 L/s ?
- 3) A velocidade do jato na seção contraída de saída de um orifício de 5 cm de diâmetro, sob uma carga de 4,5 m é de 9,1 m/s. Qual o valor dos coeficientes de velocidade, contração e descarga, sabendo-se que a vazão é de 11,2 L/s.
- 4) Um tanque fechado é dividido em duas partes que se comunicam por um orifício de 5 cm de diâmetro. Num dos compartimentos o nível da água fica a 2,4 m do centro do orifício e, no espaço acima da superfície, a pressão é de 1,4 Kgf/cm<sup>2</sup>; no outro compartimento, o orifício fica descoberto, e a pressão indicada por um vacuômetro é de 25 cm de Hg. Calcular a velocidade do jato e a descarga no orifício sendo  $C_v = 0,97$  e  $C_d = 0,61$ .

### Exercícios de Aplicação 01

- O gráfico abaixo mostra a curva de esvaziamento de um reservatório cilíndrico, de área  $A$ , através de um vertedor de pequenas dimensões, de 5,5 mm de diâmetro e água doce. Sabendo que o diâmetro do reservatório é 194 mm e dada a equação do modelo que prevê o esvaziamento deste reservatório, determine o coeficiente de descarga do vertedor e a altura inicial da água sobre o centro do mesmo. Nesta equação  $t$  é o tempo para que a carga sobre o vertedor, dentro do reservatório, passe do valor  $h_0$  para 0. Unidades no SI.

$$t = \frac{2A}{C_d A_v \sqrt{2g}} (\sqrt{h_0} - \sqrt{0})$$



### Exercícios de Aplicação 02

- Calcular a vazão através de um vertedor retangular de parede delgada, de largura igual a 50 cm, altura da soleira igual a 1,00 m, instalado no parte central de um canal com largura de 1,20m, quando a carga for 35 cm e o coeficiente de descarga 0,63. Avaliar a influência da velocidade de aproximação.

### Exercícios de Aplicação 03

- Um vertedor retangular de soleira fina, de 1,10 m de largura está instalado em um canal de 2,00 m de largura, em uma de suas laterais, com a soleira a 1,50 m do fundo do canal. Quando a carga for de 35 cm, calcule o desvio percentual entre a vazão calculada com a fórmula de Francis e com a fórmula da SBM.

### Exercícios de Aplicação 04

Com o objetivo de medir a vazão de um riacho foi construído um vertedor retangular, sem contrações laterais, com soleira de 2,00 m de largura e instalada a 0,90 m do fundo do riacho. Qual a vazão no vertedor quando a carga for de 30 cm?

Resposta:  
 $Q = 0,60 \text{ m}^3/\text{s}$  pela fórmula de Francis ( $C_d = 0,622$ ).

### Exercícios de Aplicação 05

Determinar a vazão em um vertedor retangular com 2,00 m de largura da soleira, instalado em um riacho de 4,00 m de largura, quando a carga sobre o vertedor for de 0,30 m.

Resposta:  
 $Q = 0,586 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Exercícios de Aplicação 06

Calcular a vazão de água que escoou sobre a crista de uma barragem, quando o nível da água na barragem atingir 1,0 m acima da sua crista. Considerar que a soleira é espessa, plana e com 50 m de largura. Considerar duas hipóteses: 1) caso de vertedor de soleira espessa de  $C_d = 0,525$ ; 2) que a crista da barragem foi adaptada a um perfil de Creager de forma que o coeficiente de descarga seja 0,735.

Resposta:  
 1)  $Q = 77,50 \text{ m}^3/\text{s}$  e 2)  $Q = 108,50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Exercícios de Aplicação 7

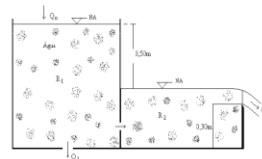
Qual a vazão que atravessa um vertedor triangular com ângulo de  $90^\circ$  quando a carga for de 0,15 m?

Resposta:  
 $Q = 0,0122 \text{ m}^3/\text{s}$  (Thomson).

### Exercício de aplicação 8

- Os escoamentos nos dois reservatórios  $R_1$  e  $R_2$ , da figura estão em equilíbrio, quando a vazão de entrada é  $Q_1 = 65 \text{ l/s}$ .  $R_1$  descarrega uma vazão para a atmosfera através de um orifício circular ( $d = 10 \text{ cm}$  e  $C_d = 0,60$ ) instalado no seu fundo. Em  $R_2$  está instalado um vertedor triangular de parede fina, com ângulo de abertura  $90^\circ$  (vertedor Thomson).

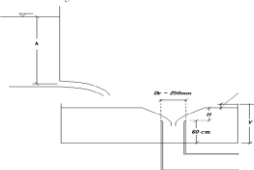
Determinar a vazão descarregada pelo orifício instalado no fundo de  $R_1$  e a vazão descarregada pelo vertedor de  $R_2$ .



**Exercícios de Aplicação 9**

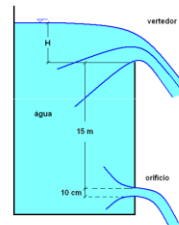
- Um reservatório de grandes dimensões possui um orifício próximo ao fundo, de 10cm de diâmetro e coeficiente de descarga 0,63. Este orifício está vertendo água para dentro de um reservatório onde está instalado um vertedor tubular com 250mm de diâmetro da parede externa, estando a borda do tubo a 60cm do fundo do reservatório, como indicado na figura. A carga sobre o orifício é de 5,00m. Dimensionar a borda do reservatório onde está instalado o tubo de 250mm de diâmetro, lembrando-se de que deve haver uma folga de 10%. Lembra-se, ainda que a vazão em um vertedor tubular é dada por  $Q = K.L.H^{3/2}$ , com K dado na tabela seguinte:

D <sub>e</sub> (m)	K
0,175	1,435
0,250	1,440
0,350	1,455
0,500	1,465



**Exercícios de Aplicação 10**

- Um reservatório retangular tem um orifício circular de 10 cm de diâmetro na sua parede, conforme figura. O Cd para o orifício foi estimado em 0,65. Na parte superior do reservatório existe um vertedor retangular de parede delgada, sem contrações, com largura de soleira 50 cm e  $C_d = 0,68$ . Qual a vazão no vertedor quando a vazão no orifício for 30,2 l/s?



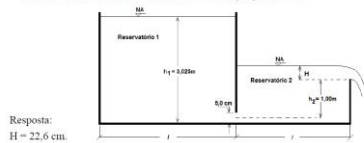
**Exercícios de Aplicação 11**

Qual deve ser a largura de um vertedor Cipolletti capaz de fornecer uma vazão de 2,00 m<sup>3</sup>/s, de modo que o nível da água no canal não ultrapasse 60 cm acima da soleira do vertedor? Se o erro relativo na medida da carga for de 2%, qual seria o erro na medida da vazão?

Resposta:  
 $Q = 2,313 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $\delta Q/Q = 3\%$

**Exercícios de Aplicação 12**

Dois reservatórios de seção horizontal quadrada de 2,0 m de lado se comunicam entre si através de um orifício afogado de 5 cm de altura, situado no fundo do primeiro reservatório e aberto em toda a extensão da parede lateral conforme mostrado na figura. No segundo reservatório, a água escoa livremente sobre uma das paredes laterais, sem contrações. Determinar o valor da carga H quando o escoamento atingir o regime permanente de escoamento. Considerar o coeficiente de descarga igual a 0,61.



Resposta:  
 $H = 22,6 \text{ cm}$

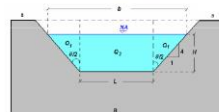
### Exercícios de Aplicação 13

Calcular a vazão de água através de um vertedor retangular de parede delgada de 40 cm de largura, considerando a existência de duas contrações laterais e sabendo que a carga sobre a soleira será de 26 cm. Desprezar a velocidade de aproximação da água e adotar um coeficiente de descarga do vertedor igual a 0,68.

Resposta:  
Q =

### Exercícios de Aplicação 14

Dimensionar um vertedor trapezoidal, tipo Cipoletti, para uma vazão máxima de  $400 \text{ m}^3/\text{h}$ , a ser instalado em um canal que tem uma largura de 10 metros. Lembre-se que em um vertedor Cipoletti a carga não deve superar 0,60 m e nem deve ser inferior a 0,08 m. Da mesma forma o recomendado é que a largura do canal seja superior a 7 vezes a carga sobre o vertedor.



Resposta:  
L = 0,1258 m e b = 0,4285 m  
H = 0,60 m



Medir vazão em alguns rios  
não é simples

