Capítulo 21-Noções de Hidrologia e Hidráulica

21.1 Período de retorno (T)

É o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez.

A probabilidade de ocorrência de um evento hidrológico de uma observação é o inverso do período de retorno.

$$\mathbf{P = 1/T}$$

Como exemplo, para período de retorno de 25 anos a probabilidade é P= 1/25 = 0,04

A probabilidade de ocorrer em um ano, uma chuva de período de retorno de 25anos é de 4% (0,04). A probabilidade de não ocorrer é 1- 0,04, ou seja, 0,96 (96%).

Matematicamente teremos:

$$\mathbf{P = 1 - 1/T}$$

Nota: em telhado adota-se normalmente T=1ano, 5anos ou 25anos.

21.2 Tempo de concentração

Tempo de concentração é o tempo em que leva para que toda a bacia considerada contribua para o escoamento superficial.

O tempo de concentração é o tempo que leva uma gota de água mais distante até o trecho considerado na bacia.

A velocidade de escoamento superficial é fornecida pela fórmula:

$$\mathbf{V = k \times S^{0,5}}$$

Sendo:
V= velocidade (m/s);
S= declividade (m/m) e
k= coeficiente conforme Tabela (21.1).

Tabela 21.1-Coeficientes "k" (SCN, 1975)

Uso da terra e regime de escoamento	**Coeficiente k**
Floresta com muita folhagem no solo	0,76
Área com pouco cultivo; terraceamento	1,52
Pasto ou grama baixa	2,13
Áreas cultivadas	2,74
Solo quase nu sem cultivo	3,05
Caminhos de escoamento em grama, pasto	4,57
Superfície pavimentada; pequenas vossorocas de nascentes	6,10

Fonte: adaptado de Bidone e Tucci p. 86 in Drenagem Urbana, Tucci, Porto et al., ABRH

O tempo mínimo de concentração a ser adotado em um telhado é de 5min.

21.4 Intensidade da chuva

Intensidade (I ou i) é a precipitação por unidade de tempo, obtida como a relação I= P / t, expressa-se normalmente em mm/hora ou mm/minuto.

Equação de Paulo S. Wilken para RMSP (Região Metropolitana de São Paulo)

$$I = \frac{1747{,}9 \cdot T_r^{0{,}181}}{(t + 15)^{0{,}89}} \quad \text{(mm/h)}$$

Sendo:
I= intensidade média da chuva (mm/h);
T_r = período de retorno (anos);
tc= duração da chuva (min).

Programa Pluvio2.1- Universidade Federal de Viçosa
www.ufv.br/dea/gprh/softwares.htm

I=intensidade da chuva (mm/h)

$$I = \frac{K \cdot Tr^a}{(t+b)^c} \quad \text{(mm/h)}$$

Tr= período de retorno ≥ **25anos**
t= tempo de concentração = **5min**

21.5 Método Racional (≤ 3km^2)

O método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado por *Emil Kuichling* em 1889 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio). É usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. A chamada fórmula racional é a seguinte:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

Sendo:
Q= vazão de pico (m^3/s);
C= coeficiente de escoamento superficial varia de 0 a 1.
I= intensidade média da chuva (mm/h);
A= área da bacia (ha). 1ha= 10.000m^2

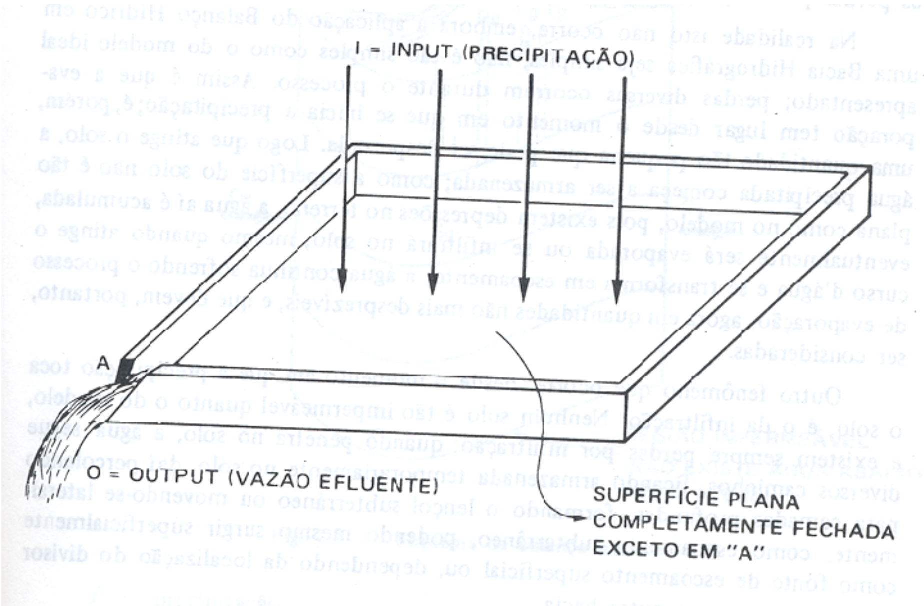

Figura 21.1-Modelo de sistema hidrológico simples
Fonte: Villela e Mattos, Hidrologia Aplicada

Tabela 21.3-Valores do coeficiente de escoamento superficial C da Prefeitura Municipal de São Paulo

Zonas	Valor de C	*Tempo de entrada (min)*
Edificação muito densa: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95	*5*
Edificação não muito densa**:** Partes residenciais com baixa densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 a 0,70	*5*
Edificações com poucas superfícies livres: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60	*5*
Edificações com muitas superfícies livres: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0,25 a 0,50	*5*
Subúrbios com alguma habitação: Partes de arrabaldes e suburbanos com pequena densidade de construção	0,10 a 0,25	*5 a 10*
Matas, parques e campos de esportes*:* *Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esportes sem pavimentação.*	*0,05 a 0,20*	*5 a 10*

Fonte: Wilken, 1978 acrescido do tempo de entrada

Exemplo 21.1
Dada área da bacia A= 5ha, coeficiente de escoamento superficial C= 0,70 e intensidade da chuva
I= 50mm/h. Calcular o vazão de pico Q.

Q= C . I . A /360 = 0,70 x 50mm/h x 5ha/360= 0,49m^3/s

21.6 Média, Mediana, Percentil

Dado precipitação de janeiro uma cidade durante 10anos. A média é a soma total dividido pelo número de anos e no caso o valor é 105mm

Mediana: é um valor de que 50% é maior do que todas as precipitações e no caso é 91mm.

Percentil: por exemplo queremos percentil de 75% e obtemos no Excel o valor 56mm

Tabela 21.1- Média, mediana e percentil

Ordem	Dados	
1	223	
2	89	
3	92	
4	47	
5	40	
6	30	
7	82	
8	121	
9	114	
10	216	
Média	**105**	
Mediana=	91	(50%)
Percentil	56	75%

MED (D8:D17)=91
Percentil (D8:D17; 0,25)= 56mm para 75%

21.7 Hidráulica

Equação da continuidade

$$Q= A \times V$$

Sendo: Q= vazão média (m^3/s)
A= área da seção transversal (m^2)
V= velocidade média (m/s)

Exemplo 21.2
Dado tubulação D=0,30m e Velocidade média V=2m/s. Calcular Q=?

$$A= \pi \times D^2/4$$
$$A= \pi \times 0{,}30^2/4=0{,}07069m^2$$
$$Q=A \times V= 0{,}07069 \times 2{,}00= 0{,}14m^3/s= 140\ L/s$$

21.8 Orifício

O orifício pode ter seção circular ou seção retangular.

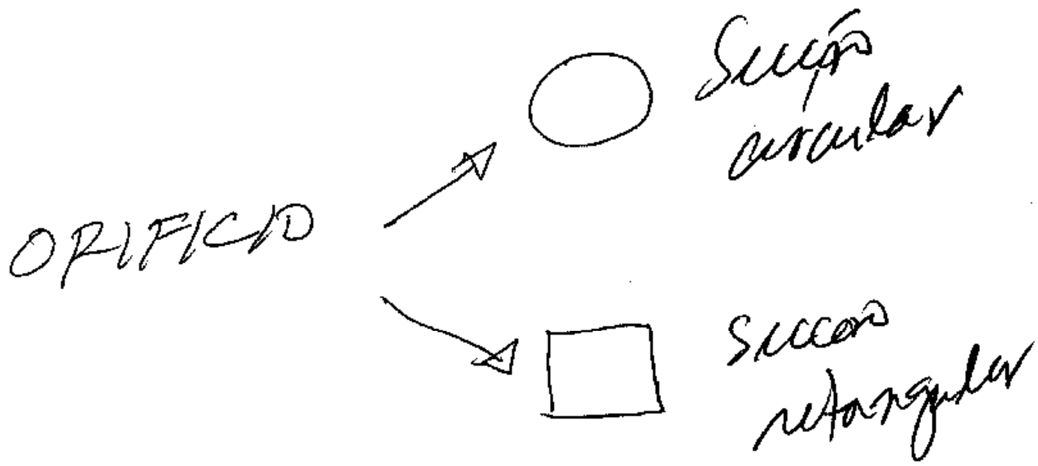

Figura 21.2- Esquema do orifício

A equação do orifício é:

$$Q= Cd \cdot A \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{0{,}5}$$

Sendo:
Q= vazão (m^3/s)
Cd= coeficiente de descarga normalmente adotado Cd=0,62
A= área da seção transversal do orifício (m^2)
g= aceleração da gravidade = 9,81m/s^2
h= altura do nível da água (m)

Exemplo 21.3

Calcular a vazão média de um orifício para reservatório com altura de 1,5m, com diâmetro do orifício de 0,15m observando-se que não há entrada de água no reservatório

Primeira observação: <u>não há entrada de água</u>.

Tomamos a altura h como a média da altura;

h= 1,5/2= 0,75m

Q= 0,62 x 0,01767 x (2x 9,81x 0,75)^{0,5}=0,042m^3/s= 42 L/s

Exemplo 21.4

Dado um reservatório com altura de 1,20m com água e largura de 2,0m e comprimento de 4,0m. Queremos calcular o diâmetro do orifício para que o reservatório se esvazie em 10min.

<u>Porque 10 min ?</u> Resposta: tempo de duração do *first flush*

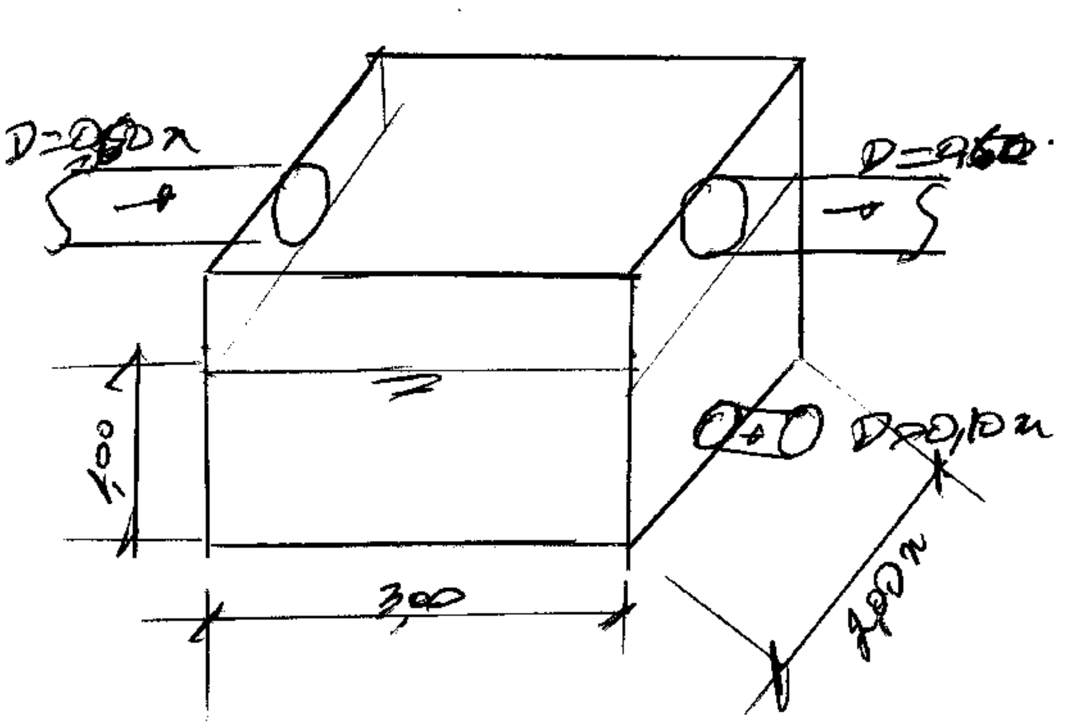

Figura 21.3- Esquema de reservatório com orifício para esvaziamento

Volume do reservatório = 2,0m x 4,0m x 1,2m= 9,6m^3

Vazão de esvaziamento Q será:

Q= Volume/ Tempo

Sendo:
Q= vazão média (m^3/s)
V= volume (m^3)
T= tempo em segundos

$$Q = Volume / Tempo$$
$$Q = 9{,}6m^3 / (10min \times 60x) = 9{,}6 / 600 = 0{,}016m^3/s$$
$$Q = Cd \cdot A \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{0{,}5}$$

Mas h= 1,20/2=0,60m (cuidado)

$$0{,}016 = 0{,}62 \times A \times (2x\ 9{,}81x\ 0{,}60)^{0{,}5}$$
$$A = 0{,}00752m^2$$
$$A = \pi \times D^2/4$$
$$D = [(4 \times A)/\pi]^{0{,}5}$$
$$D = [(4 \times 0{,}00752)/\pi]^{0{,}5} = 0{,}097m = 0{,}10m \text{ Adoto}$$

21.9 Tempo de esvaziamento

Considerando que o reservatório tenha paredes verticais podemos calcular o tempo de esvaziamento através da equação:

$$T = [\,2 \cdot As \cdot (y_1^{\,0{,}5} - y_2^{\,0{,}5})]/[\,Cd \cdot Ao \cdot (2 \cdot g)^{0{,}5}]$$

Sendo:
T= tempo de esvaziamento em segundos
As= área da seção transversal do reservatório (m^2)
Ao= área da seção transversal do orifício (m^2)
Cd=0,62
g= 9,81m/s^2
y_1= altura inicial (m)
y_2= altura final (m)

Exemplo 21.5
Dado um reservatório em forma de paralelepípedo com altura de 1,20m e largura de 2,0m e comprimento de 4,0m. Calcular o tempo de esvaziamento para um orifício de diâmetro D=0,10m.
Lembramos que supomos que não entra água no reservatório

Área da seção transversal do reservatório
As= 2,0m x 4,0m= 8,0m^2
Altura inicial
y_1= 1,20m
Altura final
y_2=0
Cd=0,62

$$Ao = \pi \times D^2/4 = \pi \times 0{,}10^2/4 = 0{,}00785m^2$$

$$T= [\ 2.\ As\ .\ (\ y_1^{\ 0,5} - y_2^{\ 0,5})]/\ [\ Cd\ .\ Ao\ .\ (2.g)^{0,5}]$$

$$T= [\ 2x.\ 8x\ (\ 1.2^{\ 0,5} - 0^{\ 0,5})]/\ [\ 0,62x\ 0,00785x\ (2x9,81)^{0,5}]$$

T=813 s= 13,6min > 10min OK.

21.10 Vertedor circular em parede vertical

È usado para o extravasor com tubulação.

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

Sendo:
Q= vazão (m^3/s)
D= diâmetro da tubulação (m)
H= altura do nível de água na tubulação (m). Geralmente usamos o máximo de 0,75D.

Exemplo 21.6
Calcular a vazão de um extravasor em tubulação com diâmetro de 0,90m e altura do nível de água H=0,40m.

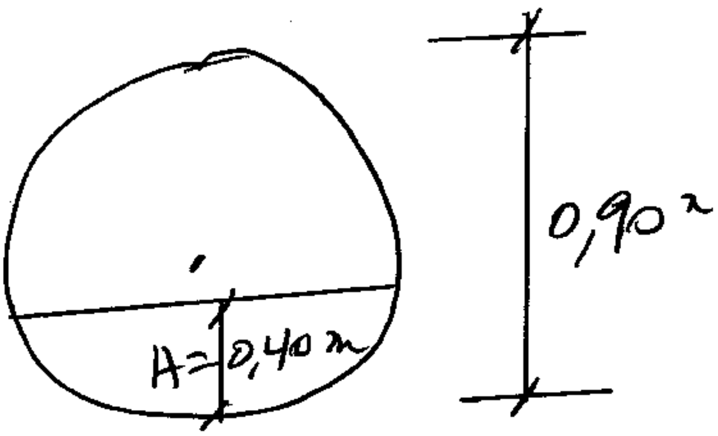

Figura 21.4- Seção circular de tubulação usada como vertedor

$$Q= 1,518\ .\ D^{\ 0,693}\ .\ H^{\ 1,807}$$
$$Q= 1,518\ x\ 0,90^{\ 0,693}\ x\ 0,40^{1,807} = 0,269 m^3/s = 269\ L/s$$

Exemplo 21.7
Calcular a vazão de um extravasor em tubulação com diâmetro de 0,90m e altura do nível de água H=0,75D.

$$Q= 1,518\ .\ D^{\ 0,693}\ .\ H^{\ 1,807}$$
$$Q= 1,518\ .\ D^{\ 0,693}\ .\ (0,75.D)^{\ 1,807}$$
$$Q=0,43\ x\ D^{\ 2,5}$$

$$Q=0{,}43 \times 0{,}90^{2,5}$$
$$Q= 0{,}33 m^3/s=330 L/s$$

21.11 Fórmula de Manning

$$V= (1/n) \cdot R^{(2/3)} \cdot S^{0,5}$$

Equação da continuidade: $Q= A \cdot V$

Sendo:
Q= vazão de pico (m^3/s)
N= coeficiente de Manning
R= raio hidráulico (m)
S= declividade (m/m)
Para canais ou calhas temos:

$$Q= A \cdot (1/n) \cdot R^{(2/3)} \cdot S^{0,5}$$

$$A= b \cdot y$$

b=largura do canal (m)
R= A/P= (b x y)/ (b + 2y)
Por tentativas achamos y
Adotamos altura com folga 0,20m