

Capítulo 11

Bacia de infiltração com detenção

- **A matemática é a ciência do infinito, o seu objetivo é a compreensão simbólica do infinito por meios humanos, logo finitos.**
Fonte: Herman Weyl, in “A experiência matemática” de Hersh e Davis.

Sumário

Ordem	Assunto
	Capítulo 11- Bacia de infiltração com detenção
11.1	Introdução
11.2	Volume para melhoria da Qualidade das Águas Pluviais (WQ_v)
11.3	Remoção de poluentes
11.4	Parâmetros importantes em uma bacia de infiltração
11.5	Pré-tratamento
11.6	Método da máxima diferença do volume de <i>runoff</i> menos o volume infiltrado

9 páginas

Capítulo 11- Bacia de infiltração com detenção conforme Urbanas

11.1 Introdução

Existem duas maneiras para se dimensionar uma bacia de infiltração, sendo uma delas aquela em que usa o volume para melhoria da qualidade das águas pluviais WQ_v que é adotado no livro Poluição Difusa do autor e outra que além da infiltração prevê-se uma detenção do pico de enchente, o que ocasiona naturalmente um volume bem maior que o WQ_v .

Vamos explicar os dois critérios.

11.2 Primeiro critério: volume para melhoria da Qualidade das Águas Pluviais (WQ_v)

O critério de dimensionamento de um reservatório para melhoria de qualidade WQ_v para controle da poluição difusa, especifica o volume de tratamento necessário para remover uma parte significativa da carga de poluição total existente no escoamento superficial das águas pluviais.

Para aplicação do método de Schueler a obtenção de *first flush* é obtida da seguinte maneira: o valor de P é obtido com 90% das precipitações que produzem *runoff*.

O valor do *first flush* P assim obtido fará uma redução de 80% dos Sólidos Totais em Suspensão (TSS) de bem como outros parâmetros dos poluentes.

O volume obtido será dependente do *first flush* P e da área impermeável.

SCHUELER, (1987) usou as Equações (11.1) e (11.2) para achar o volume WQ_v .

$$R_v = 0,05 + 0,009 \cdot AI \quad \text{(Equação 11.1)}$$

$$WQ_v = (P/1000) \cdot R_v \cdot A \quad \text{(Equação 11.2)}$$

Sendo:

R_v =coeficiente volumétrico que depende da área impermeável (AI).

AI= área impermeável da bacia em percentagem sendo $AI \geq 15\%$;

A= área da bacia em m^2 sendo $A \leq 200ha$ ($2km^2$)

P= precipitação adotada (mm) sendo $P \geq 13mm$.

Adotamos P=25mm para a RMSP e para o Brasil conforme LEED.

WQ_v = volume para melhoria da qualidade das águas pluviais (m^3).

Valor de P

Para a cidade de Mairiporã, São Paulo achamos para 90% das precipitações acima de 1mm (que produzem *runoff*), o valor P=25mm conforme Figura (11.1).

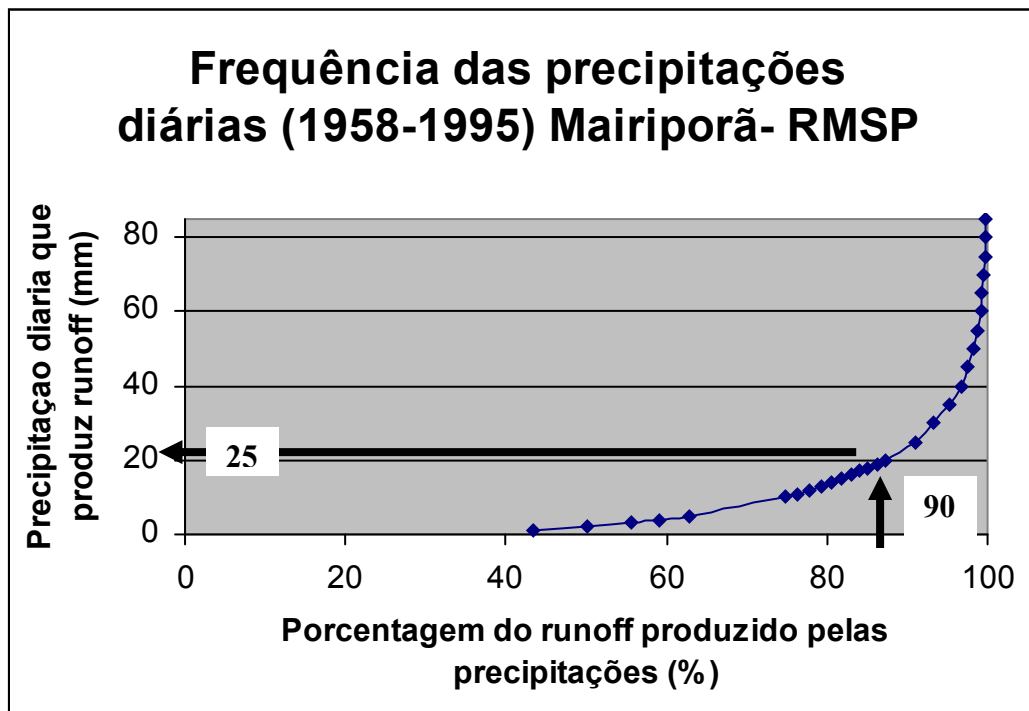


Figura 11.1 - Frequência das precipitações diárias que produzem runoff da cidade de Mairiporã, Estado de São Paulo.

11.3 Remoção de poluentes

Conforme FHWA, 2000 estima-se a eficiência da remoção de uma bacia de infiltração para captar 25mm de runoff conforme Tabela (11.1).

Tabela 11.1 - Estimativa de remoção dos poluentes de uma bacia de infiltração em %

TSS Sólidos totais em suspensão	TP Fósforo total	TN Nitrogênio total	Metais	DBO Demanda bioquímica de oxigênio	Bactéria
99%	65% a 75%	60% a 70%	95% a 99%	80%	90%

Fonte: FHWA, 2000

11.4 Parâmetros importantes em uma bacia de infiltração

Conforme pesquisas elaboradas pela Universidade de Massachusetts, sob coordenação do prof.Dr. *Eric Winkler* em abril de 2001, onde foram examinados os parâmetros hidráulicos importantes em uma bacia de infiltração, chegaram as seguintes conclusões:

1. Declividade do lençol freático;
2. Geometria da bacia de infiltração: as dimensões da bacia de infiltração possuem pouca influência na sua *performance*. Não esquecendo que deve ser levado em consideração as vazões de picos obtidas pelo Método Racional para $T_r = 2$ anos ou $T_r = 10$ anos;
3. Anisotropia e heterogeneidade da zona não saturada e zona saturada devido a condutividade vertical e horizontal. A condutividade horizontal é de maneira geral 10 vezes maior que a condutividade vertical. Na prática considera-se a condutividade vertical = condutividade horizontal;
4. Porosidade específica do solo;
5. Espessura da zona não saturada;
6. Espessura da zona saturada. Após espessura de 1,80m a 2,40m, os resultados são praticamente os mesmos;
7. Armazenamento: o armazenamento é muito pequeno e em geral não é levado em consideração;

Características da precipitação local.

Na Figura (11.2) temos um modelo conceitual da bacia de infiltração.

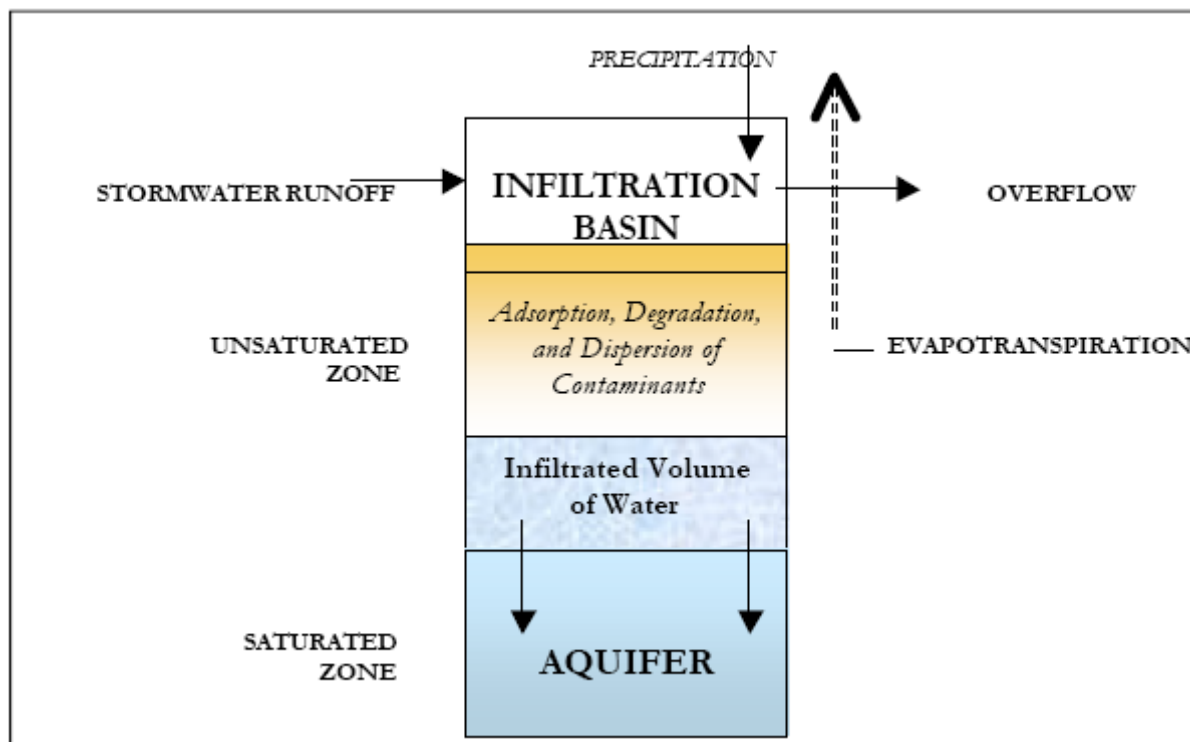


Figura 11.2- Modelo conceitual de bacia de infiltração.
Fonte: Universidade da Califórnia, 2001

11.5 Pré-tratamento

O pré-tratamento é destinado a remover lixo, detritos e sedimentos com diâmetros maiores que 125 μ m ou outro diâmetro de partícula que possam causar problemas nos tratamentos para a melhoria da qualidade das águas pluviais.

A fundamental o pré-tratamento em bacias de detenção alagadas, alagadiços (*wetlands*), filtros de areia, trincheiras de infiltração e outras BMPs para a melhoria da qualidade das águas pluviais.

O pré-tratamento é uma bacia de sedimentação permanente.

Bacia de sedimentação permanente

A bacia de sedimentação temporária é feita geralmente em terrenos onde houve uma grande degradação da superfície do solo e é construída para um determinado tempo, ou seja, aproximadamente 18 meses e podem ser construída em áreas maiores que 2ha e menores que 30ha. Geralmente possui as mesmas exigências que as bacias de sedimentação fixa, isto é, o pré-tratamento.

Para o tratamento de águas pluviais se utiliza do volume WQ_v , este tratamento é composto praticamente de duas câmaras: pré-tratamento e tratamento propriamente dito. O volume total do pré-tratamento varia de 0,1 WQ_v a 0,25 WQ_v que pode ou não estar incluso no volume do tratamento WQ_v . Em filtro de areia o pré-tratamento pode chegar até 0,25 WQ_v .

A Figura (11.3) mostra um esquema do pré-tratamento observando-se a berma feita em gabiões.

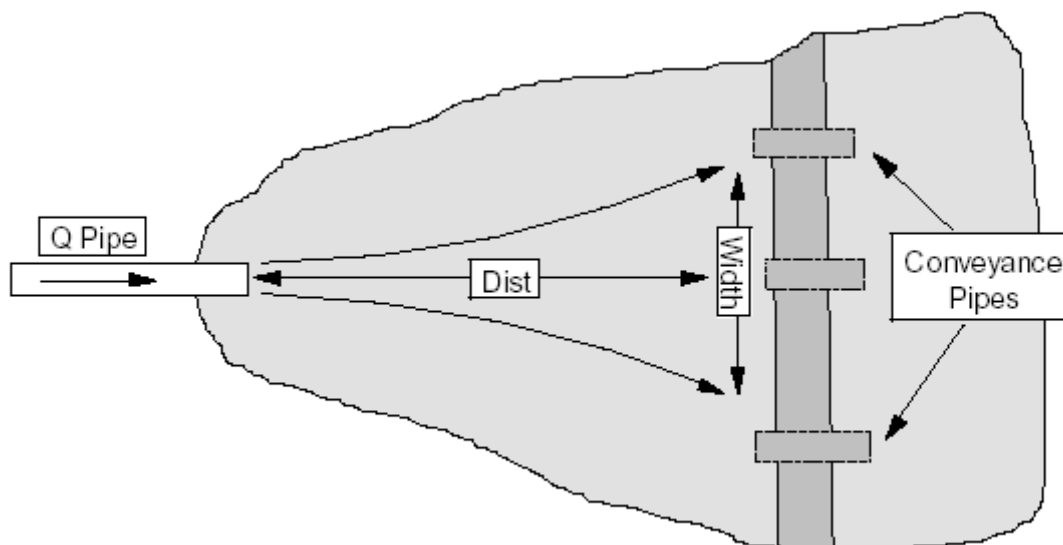


Figura 11.3 - Esquema do pré-tratamento
Fonte: Canadá, 2001

11.6 Método da máxima diferença do volume de runoff menos o volume infiltrado

Chin, 2000 e Urbonas, 1996 apresentam método semelhante para dimensionamento de trincheira de infiltração e bacia de infiltração.

O método é recomendado por *Sjoberg e Martensson, 1982 in Urbonas, 1993* conforme recomendação da Associação Suéca de Água e Esgotos com algumas adaptações do autor.

O método é baseado em que a bacia de infiltração detem um volume igual a diferença entre o volume do runoff e o volume de água infiltrado no solo durante a precipitação e temos que achar a máxima diferença e isto é feito por tentativas usando o Método Racional e a Equação de Darcy.

$$V_{in} = V_{armazenado} + V_{out}$$

$$V_{armazenado} = \max (V_{in} - V_{out})$$

Sendo:

Método Racional

$$Q_{in} = CIA/360$$

1,25= acréscimo da vazão de pico conforme o Método Suéco.

$$Q_{in} = 1,25x CIA/360$$

Q_{in} = vazão de pico (m^3/s)

$$V_{in} = Q_{in} \times t$$

A= área da bacia (ha)

C= coeficiente de escoamento superficial (adimensional)

I= intensidade de chuva (mm/h)

$I = 1747,9 \cdot Tr^{0,181} / (t+15)^{0,89}$ (mm/h) Equação de Paulo Sampaio Wilken da RMSP

Tr= período de retorno sendo normalmente adotado **Tr=2anos.**

t= tempo (h)

Equação de Darcy

A Figura (11.3) mostra o esquema de aplicação da Equação de Darcy. O valor de $G=dt/d$, observando que o menor valor é $G=1$, comumente adotado por Urbonas a favor da segurança.

$$Q_{out} = K.G. A. = K \times 1 \times At = K \times At$$

$$V_{out} = Q_{out} \times t$$

Sendo:

Q_{out} = vazão infiltrada no fundo da bacia de infiltração (m³/s).

H = profundidade (m)

L = comprimento (m)

K = condutividade hidráulica (mm/h)

t = tempo (h)

At = área do fundo da lagoa de infiltração (m²).

V_{out} = volume infiltrado no tempo t (m³).

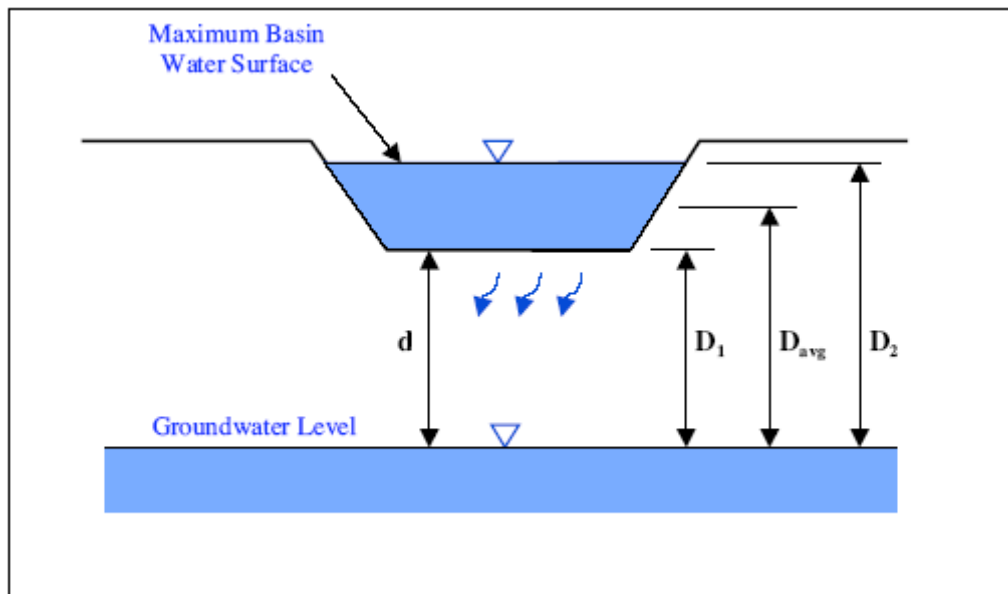


Figura 11.3- Esquema de aplicação da Lei de Darcy.
 Fonte: Estado de New Jersey, 2004

Volume armazenado = At x H.

At = área do fundo da lagoa de infiltração (m²).

H = altura do nível de água (m)

t = tempo (h)

Num determinado tempo t temos:

$$1,25C. I. A. t = At. H + K. At . t$$

$$At .H = \max (1,25C.I.A. t - K . At . t)$$

$$\mathbf{Volume = \max (V_{in} - V_{out})}$$

Profundidade máxima admissível

Mesmo aplicando o método da detenção de volume deve também satisfazer a relação:

$$d_{max} = f . Ts$$

Sendo:

d_{max} = profundidade máxima permissível (m). Geralmente $0,90 \leq d_{max} \leq 2,40m$

f = taxa final de infiltração (mm/h). Intervalo: $7,6mm/h \leq f \leq 60mm/h$

Ts = máximo tempo permitido (h). Varia de $24h \leq Ts \leq 48h$. **Urbonas adota: 36h.**

Exemplo 11.1

Dimensionar uma bacia de infiltração *in line* com área de 3ha e AI=50% que além da melhoria do controle de qualidade das águas pluviais, sirva também para regularização da vazão de pico para período de retorno $T_r=2$ anos.

Dados:

$$K=f= 28\text{mm/h (já com coeficiente de segurança = 2)}$$
$$C=R_v=0,05+0,0009 \times AI= 0,55$$
$$G=1 \text{ m/m (admitido)}$$

Usando o Método Racional para determinar o pico da vazão e a Equação de Darcy para a infiltração, calculamos a máxima diferença de volume, entre o volume que entra e o volume que sai, isto é, que infiltra.

Achamos conforme Tabela (11.2) a (11.4) que a bacia com profundidade de 0,89m se enche em 5,5h e o escoamento final até esvaziar a contar do início da chuva é de 49h (2,04dias). O volume obtido foi de **2.667m³**.

Observando-se que se fosse querer somente a melhoria da qualidade das águas pluviais conforme volume WQ_v com *first flush* de 25mm obteríamos para a mesma área o volume de **375m³**.

$$R_v = 0,05 + 0,009 \cdot AI$$
$$R_v = 0,05 + 0,009 \times 50 = 0,50$$
$$WQ_v = (P/1000) \cdot R_v \cdot A = (25/1000) \times 0,50 \times 3\text{ha} \times 10.000\text{m}^2 = 375\text{m}^3$$

O **cálculo é feito por tentativas** usual em hidráulica observando-se o seguinte:

A profundidade máxima admissível $d_{\max} = f \cdot T_s$ sendo $T_s = 36\text{h}$. No caso $d_{\max} = 28\text{mm/h} \times 36\text{h} = 1008\text{mm} = 1,008\text{m}$. Portanto, a altura de água deverá ser no máximo de 1,008m. A profundidade achada $d=0,89\text{m} < 1,008\text{m}$. OK.

Como a profundidade achada $d=0,89\text{m}=890\text{mm}$, o tempo de retenção será: $T_s = d / f = 890\text{mm} / 28\text{mm/h} = 32\text{h} (1,33\text{dias}) < 36\text{h}$ OK.

A área da lagoa de infiltração é achada por tentativa. No caso achamos 3.000m^2 .

Tabela 11.2- Cálculo adaptado do Método da Associação Suéca dos serviços de água e esgoto

1	2	3	4	5	6
Tempo de percolação		Período de retorno	Equação de Paulo S. Wilken, Intensidade de chuva	Área impermeável	Runoff da área impermeável
(h)	(min)		(mm/h)		$C=Rv=0,05+0,000.AI$
		(anos)		(%)	Adimensional
0,50	30	2	173	50	0,5
1,00	60	2	118	50	0,5
1,50	90	2	87	50	0,5
2,00	120	2	70	50	0,5
2,50	150	2	58	50	0,5
3,00	180	2	50	50	0,5
3,50	210	2	44	50	0,5
4,00	240	2	40	50	0,5
4,50	270	2	36	50	0,5
5,00	300	2	33	50	0,5
5,50	330	2	30	50	0,5
6,00	360	2	28	50	0,5
6,50	390	2	26	50	0,5
7,00	420	2	25	50	0,5
7,50	450	2	23	50	0,5
8,00	480	2	22	50	0,5

Tabela 11.3- Cálculo adaptado do Método da Associação Sueca dos serviços de água e esgoto

7	8	9	10	11	12
	$Q=CIA/360$	$1,25Q$	K	At	G
Área da bacia	Vazão pico		Condutividade Hidráulica	Área do fundo da lagoa de infiltração	Gradiente hidráulico
(ha)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(mm/h)	(m ²)	(m/m)
3,0	0,72	0,90	28	3000	1
3,0	0,49	0,61	28	3000	1
3,0	0,36	0,46	28	3000	1
3,0	0,29	0,36	28	3000	1
3,0	0,24	0,30	28	3000	1
3,0	0,21	0,26	28	3000	1
3,0	0,18	0,23	28	3000	1
3,0	0,17	0,21	28	3000	1
3,0	0,15	0,19	28	3000	1
3,0	0,14	0,17	28	3000	1
3,0	0,13	0,16	28	3000	1
3,0	0,12	0,15	28	3000	1
3,0	0,11	0,14	28	3000	1
3,0	0,10	0,13	28	3000	1
3,0	0,10	0,12	28	3000	1
3,0	0,09	0,11	28	3000	1

Tabela 11.4- Cálculo adaptado do Método da Associação Sueca dos serviços de água e esgoto.

13	14	15	16	17
Vazão de infiltração no solo	Vout	Vin	max (Vin - Vout)	Altura de água entre 0,90 e 2,40m
Darcy Q= K x G x At	percolação	entra	diferença	
(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m)
0,02333	42	1620	1578	0,53
0,02333	84	2213	2129	0,71
0,02333	126	2460	2334	0,78
0,02333	168	2623	2455	0,82
0,02333	210	2742	2532	0,84
0,02333	252	2836	2584	0,86
0,02333	294	2913	2619	0,87
0,02333	336	2978	2642	0,88
0,02333	378	3035	2657	0,89
0,02333	420	3084	2664	0,89
0,02333	462	3129	2667	0,89
0,02333	504	3169	2665	0,89
0,02333	546	3206	2660	0,89
0,02333	588	3240	2652	0,88
0,02333	630	3271	2641	0,88
0,02333	672	3301	2629	0,88