

Capítulo 02-Remoção de sedimentos em bacias de retenção conforme EPA, 1986

2.1 Introdução

A bacia de retenção é aquela projetada para deter vazões de pico de enchentes e que tem um volume permanente denominado volume WQv para melhoria da qualidade das águas pluviais. Aplica-se também a casos semelhantes como as *wetlands*.

Teremos constante o volume permanente WQv e um volume WQv temporário.

2.2 Eficiência da remoção

A remoção de bacias de retenção são feitas em duas condições básicas. A primeira é a condição **dinâmica**, isto é, quando está chovendo e a segunda é quando não há chuvas e temos o intervalo entre as chuvas, sendo esta situação chamada de **quiescente**.

A remoção de sedimentos pode ser para **uma tormenta** como é comumente avaliado ou **a longo prazo** como é o exemplo da EPA, 1986 que iremos mostrar.

2.3 Eficiência da remoção na condição dinâmica

A condição dinâmica de sedimentação ocorre quando está chovendo na bacia.

Para a eficiência vamos mostrar a conhecida equação de Fair e Geyer, 1954:

$$R = 1 - \left[\left(1 + \frac{V_s}{(n \times Q/A)} \right)^{-n} \right]$$

Sendo:

R= eficiência dinâmica da deposição para remoção de sólidos em suspensão (0 a 1)

Vs=velocidade de sedimentação (m/h)

n= fator de turbulência de Fair e Geyer, 1954 que mede o grau de turbulência ou curto circuito que tende a reduzir a eficiência da remoção de sólidos. Usualmente admitido n=3

n=1 (condições pobres)

n=3 (condições boas)

n>5 (condições muito boa)

Q=vazão no reservatório (m³/h)

A= área da superfície do reservatório (m²)

2.4 Eficiência devido as condições quiescentes

No intervalos entre as chuvas que geralmente é de 3 a 4 dias estamos na condição quiescentes e a deposição de sólidos se processa de maneira diferente da condição turbulenta quando há chuvas. As chuvas possuem duração de 4h a 6h em média.

A equação fundamental para as condições quiescentes é:

$$\Omega = V_s \times A$$

Sendo:

Ω= taxa de remoção de sólidos (m³/h)

Vs= velocidade de sedimentação de determinada partícula (m/h)

A= área da superfície do reservatório permanente (m²)

2.5 Combinação das condições turbulentas e quiescentes

Podemos combinar as duas condições.

Exemplo 2.1- Exemplo adaptado da USEPA, 1986

Em uma área residencial com 4ha, coeficiente de *runoff* $C=Rv=0,25$, queremos a eficiência de um reservatório de retenção (*wet pond*) com reservatório permanente e temporário com volume de $142m^3$ cada, profundidade média de 1,20m, área de superfície da represa de $113m^2$ que tem 7,5m x 15m.

Também é fornecida os seguintes dados estatísticos:

Tabela 2.3- Dados estatísticos da região que se está estudando

Parâmetros	Valores	Coefficiente de variação
Precipitação média anual Volume V (mm)	13,5	1,44
Intensidade de chuva I (mm/h)	2,18	1,31
Duração da chuva D (h)	7,2h	1,09
Intervalo Δ (h)	85h	1,00

Média de precipitação que produzem runoff num determinado evento

A base dos estudos da EPA, 1986 é obter usando a função gama a média da precipitação que produz runoff para um determinado evento proposto por DiToro e Smal in EPA, 1986. Assim é obtida a média e o coeficiente de variação.

É um valor difícil de se obter, pois durante o ano temos época em que chove mais e outra em que chove menos, daí ser difícil de se obter um valor médio, o tempo de duração médio de uma chuva, o intervalo entre as chuvas e a intensidade relativa aos dados obtidos e tudo com o seu coeficiente de variação.

Coefficiente de variação

O coeficiente de variação é um adimensional definido assim:

$$\text{Coefficiente de variação} = \text{desvio padrão} / \text{média}$$

Nota: uma das grandes dificuldades deste método é obter os valores e coeficientes de variação que estão na Tabela (2.3)

Estimamos para a Região Metropolitana de São Paulo- RMSP Tabela (2.4).

Tabela 2.4- Dados estatísticos estimativos para a RMSP

Parâmetros	Valores	Coefficiente de variação
precipitação média Volume V (mm)	6,99	1,31
Intensidade de chuva I (mm/h)*	1,75	1,14
Duração da chuva D (h) *	4h	1,14
Intervalo Δ (h)	65h (2,72dias)	1,23

(*): estimativa

Vamos estimar a redução de sólidos em suspensão TSS através de vários passos.

Primeiro passo:

Usaremos as Figuras 2, 3, 4 e 8 do trabalho da EPA, 1986 e que conservaremos o nome original da figura e que serão colocadas abaixo.

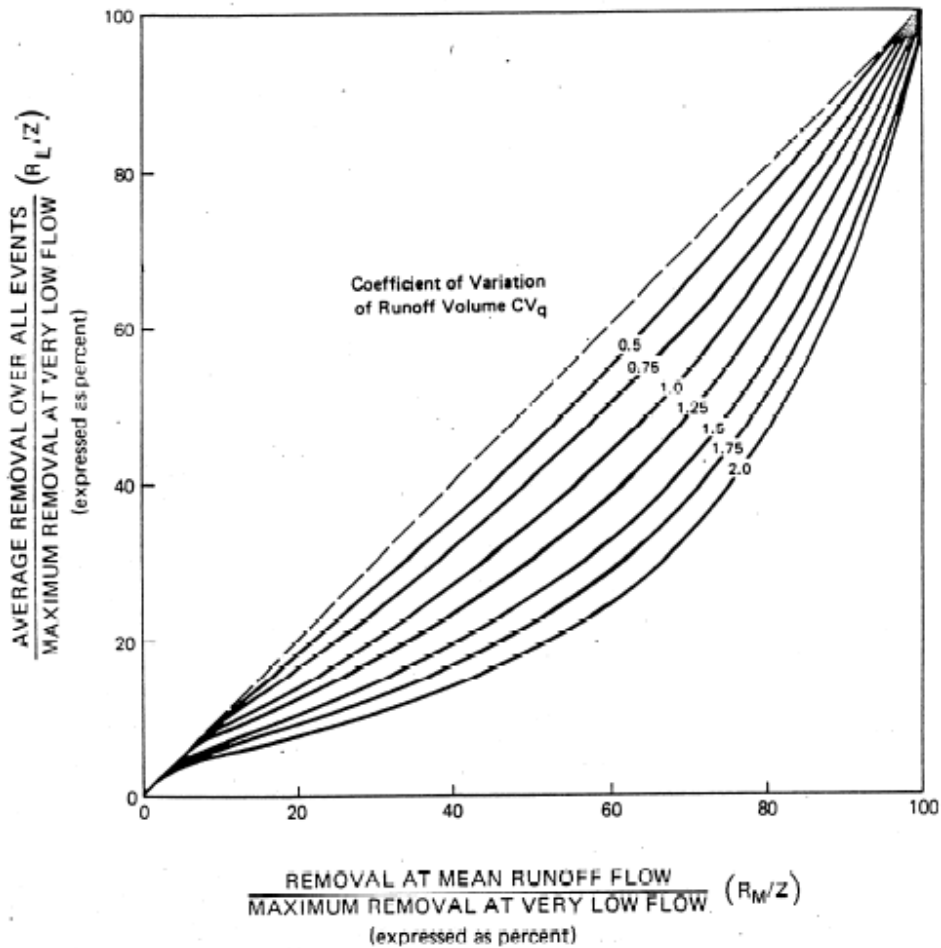


Figure 2. Long term performance of a device where removal mechanism is sensitive to flow rate

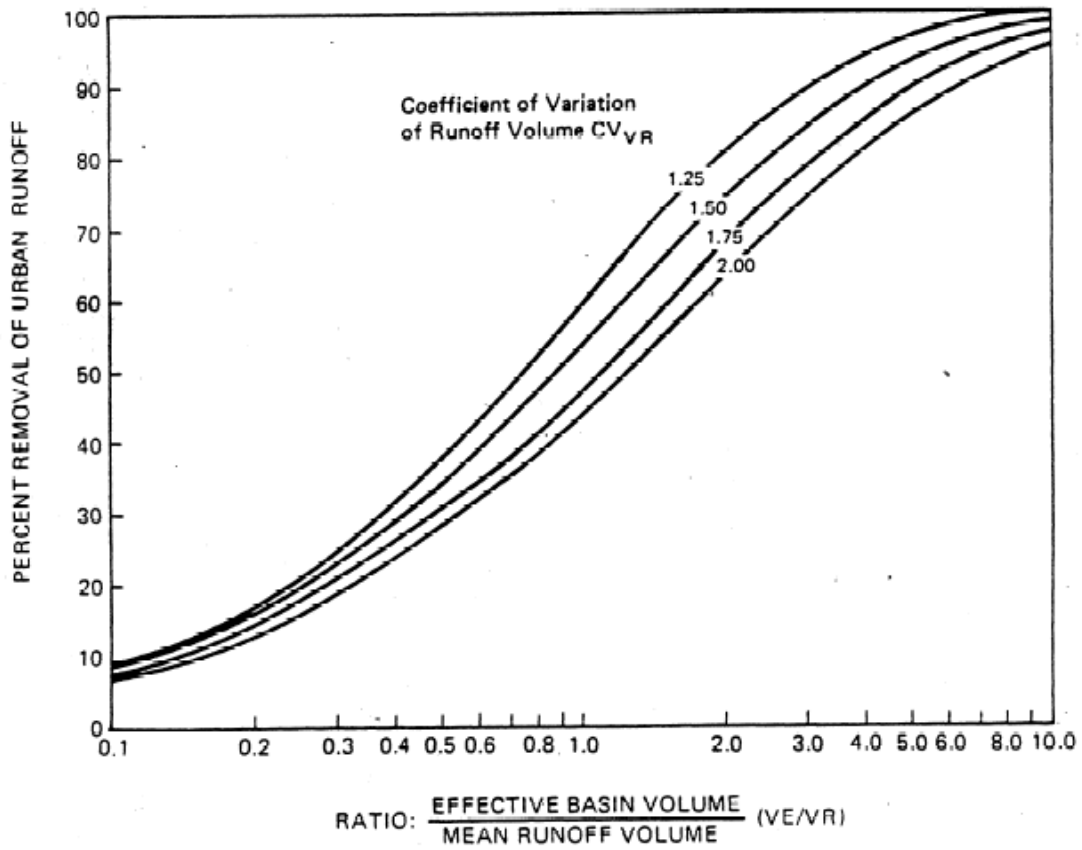


Figure 3. Average long term performance:
volume device

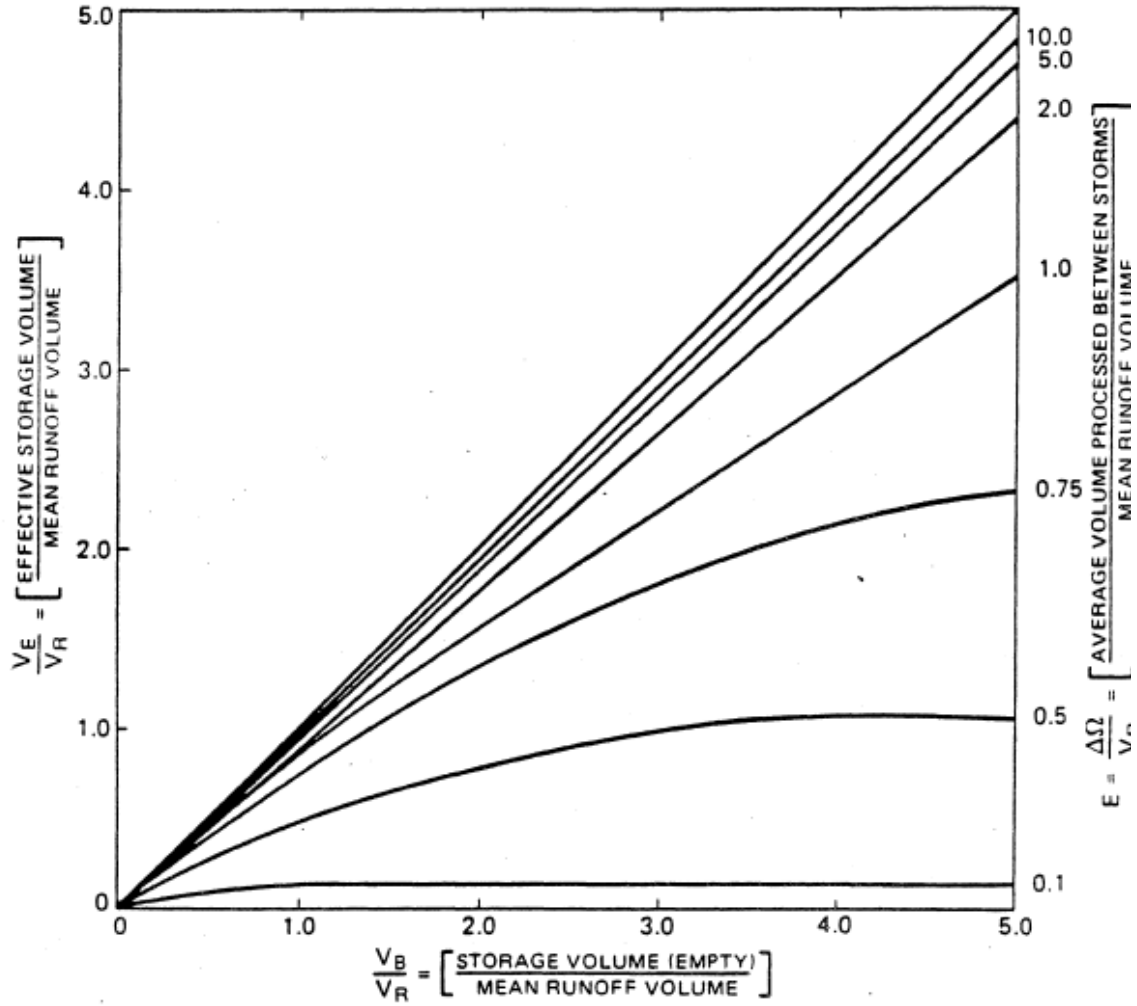


Figure 4. Effect of Previous Storms on Long-Term Effective Storage Capacity

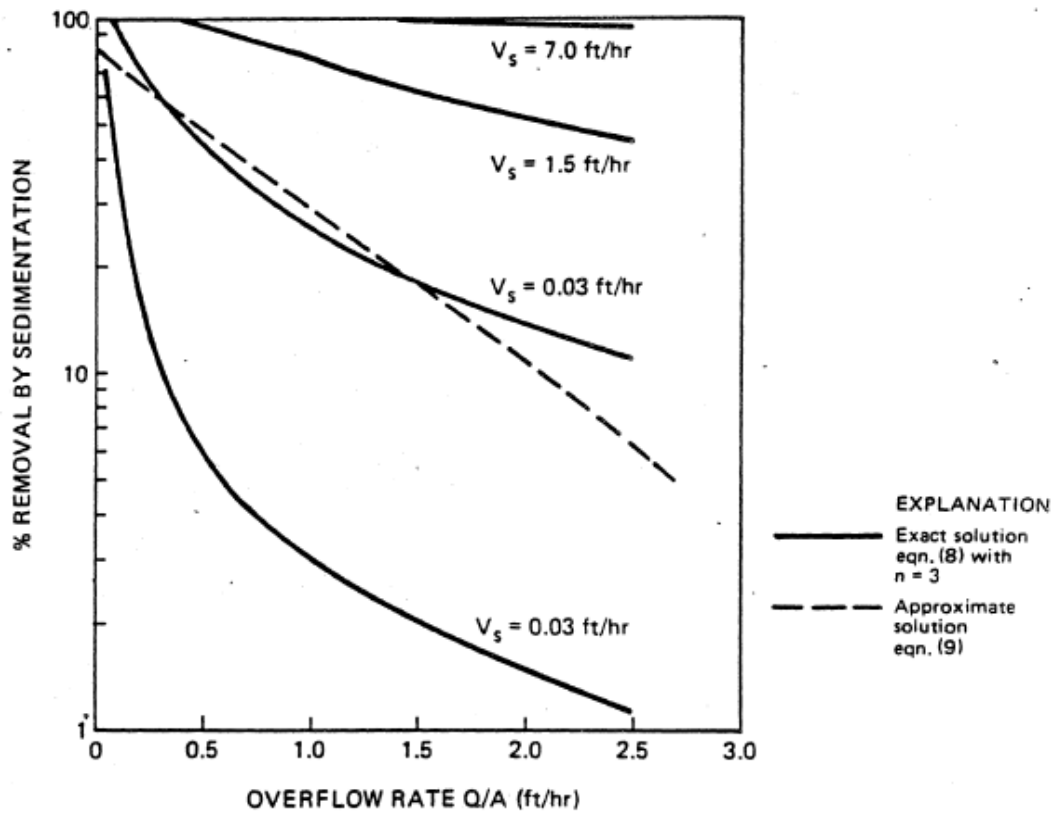


Figure 8. Flow-removal relationships for exponential approximation

Segundo Passo

Vamos calcular a vazão e, m³/h usando o método racional.

$$QR = CIA$$

QR= vazão de pico (m³/h)

C= coeficiente de runoff= 0,25

I= intensidade de chuva= 2,18mm/h

A= área da bacia= 4ha x 10000m²

$$QR = CIA$$

$$QR = 0,25 \times (2,18/1000) \text{ mm/h} \times 4 \times 10000 \text{ m}^2 = 21,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Admitiremos que o coeficiente de variação de QR seja CVq

$$CVq = 1,31$$

Cálculo de VR

O volume médio de runoff VR é dado pela equação:

$$VR = V \times Rv \times \text{Área da bacia}$$

$$VR = (13,5 \text{ mm}/1000) \times 0,25 \times 4 \text{ ha} \times 10000 \text{ m}^2 = 135 \text{ m}^3$$

Terceiro Passo

Trata-se do cálculo da remoção sob condições dinâmicas, isto é, quando está chovendo.

$$QR/ A = 21,8\text{m}^3/\text{h} / 113\text{m}^2 = 0,19\text{m}/\text{h} \quad (0,62 \text{ ft}/\text{h})$$

Usando a Figura 8 que está no primeiro Passo, entraremos com o valor de $Q/A = 0,62 \text{ ft}/\text{h}$ e acharemos para cada velocidade de sedimentação o valor da eficiência da remoção por sedimentação e teremos a Tabela (2.5).

Tabela 2.5- Valores obtidos da Figura 8 que está no primeiro passo

Velocidade de sedimentação ft/h	RM (%) Obtido da Figura 8
0,03	5
0,3	40
1,5	90
7	100
65	100

Usando agora a Figura 2 para o cálculo da média de remoção RL. Estimamos que os valores de Z são de 100% para todas os tamanhos das frações e obteremos:

Para RM=5 teremos

$$Z = 100$$

$$RM/Z = 5/100 = 0,05 \text{ que corresponde a } 5\%$$

Usando $CNq=1,31$ achamos na Figura 2 o valor $RL=5\%$

Para RM=40 teremos

$$Z = 100$$

$$RM/Z = 40/100 = 0,40 \text{ que corresponde a } 40\%$$

Usando $CNq=1,31$ achamos na Figura 2 o valor $RL=23\%$

Para RM=90 teremos

$$Z = 100$$

$$RM/Z = 90/100 = 0,90 \text{ que corresponde a } 90\%$$

Usando $CNq=1,31$ achamos na Figura 2 o valor $RL=77\%$

Para RM=100 teremos

$$Z = 100$$

$$RM/Z = 100/100 = 1,00 \text{ que corresponde a } 100\%$$

Usando $CNq=1,31$ achamos na Figura 2 o valor $RL=100\%$

Teremos então a Tabela (2.6)

Tabela 2.6- Valores obtidos da Figura 8 que está no primeiro passo

Velocidade de sedimentação ft/h	RM (%) Obtido da Figura 8	RL (%) Obtido da Figura 2
0,03	5	5
0,3	40	23
1,5	90	77
7	100	100
65	100	100

Portanto, a média de remoção dos sedimentos a longo prazo RL no regime turbulento será de 61%.

$$(5+23+77+100+100)/5 = 61\%$$

A fração que não será removida será:

$$f_D = (100-61)/100 = 0,39$$

Quarto Passo

Para as condições **quiescentes**, isto é, no intervalo entre as chuvas teremos:

$$VB/VR = 142m^3 / 135m^2$$

$$VR = 135m^3$$

$$VB = 142m^3 \text{ (volume do reservatório permanente do reservatório de detenção)}$$

Admitiremos CV_v = 1,44

A taxa de remoção de sólidos Ω é dada pela equação:

$$\Omega = V_s \times A$$

$$E = \Delta \times \Omega / VR$$

Sendo:

E= taxa de esvaziamento

Δ = intervalo médio entre as chuvas= 85h

VR=135m³ (runoff)

Para a primeira fração do solo teremos:

$$\Omega = V_s \times A$$

$$\Omega = 0,009m/h \times 113m^3 = 1,017m^3/h$$

$$E = \Delta \times \Omega / VR$$

$$E = 85h \times 1,017m^3/h / 135m^3 = 0,64$$

Com o valor de E=0,64 entramos na Figura 4 e com VB/VR=1,04 achamos VE/VR=0,5. E assim por diante.

Para E=0,64 e VB/VR=1,04 achamos VE/VR=1,04

Colocando na Tabela (2.7) temos:

Tabela 2.7-Valores de VE/VR

Fração	Ω (m ³ /h)	E	VE/VR Figura 4
1	1,02	0,64	0,5
2	10,17	6,40	1,0
3	50,85	32,02	1,04
4	237,30	149,41	1,04
5	2203,50	1387,39	1,04

Usando agora a Figura 3 com CVv=1,44 e com os valores de VE/VR achamos a Tabela (2.8).

Tabela 2.8-Valores de VE/VR e % REM

Fração	VE/VR Figura 4	% REM Figura 3
1	0,5	35
2	1,0	54
3	1,04	56
4	1,04	56
5	1,04	56

A média de remoção é:

$$(35+54+56+56+56)/5= 51\%$$

A fração não removida é:

$$f_Q = (100 - 51)/100 = 0,49$$

Quinto Passo

Vamos combinar a remoção dinâmica e a condição quiescente e para isto vamos usar a fração que não foi removida.

Fração não removida na condição quiescente= $f_Q = 0,49$

Fração não removida na condição dinâmica= $f_D = 0,39$

Porcentagem removida= $E = [1 - (f_Q \times f_D)] \times 100$

Porcentagem removida= $E = [1 - (0,49 \times 0,39)] \times 100$

Porcentagem removida= $E = [1 - 0,19] \times 100 = 81\%$

Portanto, a remoção de sólidos em suspensão TSS do reservatório permanente da bacia de retenção é de **81%**.

Notemos que a remoção quiescente é maior que a dinâmica.

2.5 Conclusão

Haan et al, 1994 diz que a estimativa da eficiência de deposição de sedimentos da EPA, 1986 é grosseira servindo somente para uma aproximação do problema.

2.6 Bibliografia e livros consultados

- AKAN A. OSMAN. *Urban stormwater hydrology*. 1993, 268páginas
- HAAN, C.T. et al. *Design Hydrology and sedimentology for small catchments*. Academic Press, 1994, 588páginas, ISBN 13:978-0-12-312340-4
- PAPA, FABIAN et al. *Detention time selection for stormwater quality control ponds*. 31/july/1999. *Can. J. Civ. Eng.* 26:72-82 (1999).
- TOMAZ, PLINIO. *Poluição Difusa*. Navegar Editora, 2006.
- USEPA. *Methodology for analysis of detention basins for controlo for urban runoff quality*. EPA 440/5-87-001 setembro 1986. Coordenado por Eugene D. Driscoll baseado nas pesquisas de Dominic M. DeToro e Mitchell Small.
- USEPA. *Stormwater Best management practice design guide*. Volume 2- Vegetative biofilters. EPA/600/R-04/121A setembro 2004.
- USEPA. *Stormwater Best management practice design guide*. Volume 3- Basin Best management practices. EPA/600/R-04/121B setembro 2004.
- USEPA. *Stormwater Best management practice design guide*. Volume 1- General Considerations EPA/600/R-04/121 setembro 2004.