

Capítulo 11- Remoção de sedimentos em pré-tratamento

11.1 Introdução

O objetivo deste capítulo é mostrar como obter a eficiência de deposição de sedimentos num pré-tratamento e como conseguir a eficiência global quando a jusante temos outra BMP em série. A eficiência da remoção de sedimentos pode ser dada em fração de zero a 1 ou em porcentagem de 0 a 100%. Quando falamos em sedimentos queremos dizer TSS, ou seja, sólidos totais em suspensão.

O pré-tratamento detém aproximadamente 25% dos sólidos totais em suspensão (TSS).

11.2 Pré-tratamento

O pré-tratamento é muito importante e muito discutido os critérios para o dimensionamento. Na Figura (11.1) temos uma bacia de sedimentação para pré-tratamento que é uma unidade fixa e não temporária.

Usaremos como critério para dimensionamento de um pré-tratamento que irão se depositar no reservatório de pré-tratamento todas as partículas acima de $125\mu\text{m}$ ($0,125\text{mm}$).

No livro Poluição Difusa de Tomaz, 2006 existem detalhes do pré-tratamento e Capítulo 12 deste livro.



Figura 11.1- Unidade fixa de pré-tratamento. Observar rip-rap na saída da tubulação e que temos um barramento feito de pedras britadas e que há espaço lateral para manutenção

Fonte: Pensilvânia, 2006

A profundidade mínima em pré-tratamento é 1,00m e a máxima 3,5m e por motivos de segurança, sendo aconselhado o máximo de 1,60m.

O volume estimado é de 10% a 20% do volume para melhoria da qualidade das águas pluviais WQv, sendo o mais usual usar-se 10%.

As dimensões do pré-tratamento possuem relação comprimento/largura de 2:1 ou 3:1.

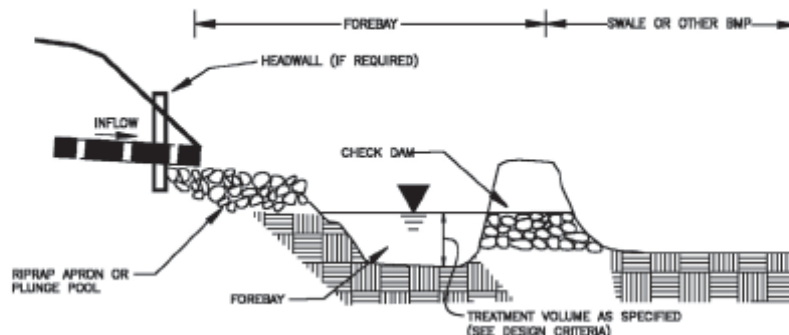


Figura 11.2- Esquema de um reservatório com pré-tratamento

Na Figura (11.2) temos um esquema do pré-tratamento que geralmente é feito de pedras britadas sendo o excesso de escoamento ser feito por cima da pequena barragem. Geralmente se coloca um tubo calculado para esvaziar o reservatório do pré-tratamento no máximo em **45min**. Não confundir que o tempo de 5min é aquele em deve encher o reservatório do pré-tratamento.

Então 45min é o tempo para esvaziar e 5min é o tempo para encher e costuma-se calcular a vazão Q_0 que chega até o pré-tratamento: **$Q_0=0,1WQ_v / (5\text{min} \times 60\text{s})$** .

Para o cálculo do pré-tratamento três métodos básicos:

a) usando os princípios de Allen Hazen tradicional (mais usado e aplicado por Ben Urbonas)

Conforme Urbonas, 1993 temos:

$$A_s = W \times L$$

Sendo:

A_s = área transversal da caixa de sedimentação (m^2)

W = largura (m)

L = comprimento da caixa de sedimentação (m)

O volume da caixa de sedimentação V será:

$$V = A_s \times D$$

Sendo:

V = volume da caixa de sedimentação (m^3)

A_s = área da seção transversal (m^2)

D = profundidade da caixa de sedimentação (m)

O tempo de escoamento T será:

$$T = \text{Volume da caixa} / Q_0 = A_s \times D / Q_0$$

Sendo:

T = tempo de decantação (s)

A_s = área da seção transversal (m^2)

D = altura da caixa de sedimentação (m)

Q_0 = vazão de entrada (m^3/s)

A velocidade de sedimentação v_s é:

$$v_s = D / T = (D \times Q_0) / (A_s \times D) = Q_0 / A_s$$

Para a sedimentação é necessário usar uma área mínima A_s para que seja feita a deposição.

$$A_s = Q_o / v_s$$

Sendo:

A_s = área da superfície do pré-tratamento (m^2)

Q_o = vazão de entrada no pré-tratamento (m^3/s)

v_s = velocidade de sedimentação para partícula média de $125\mu m$ (m/s) = $0,0139m/s$.

$$A_s = Q_o / 0,0139$$

O volume deverá atender no mínimo tempo de permanência de 5min.

$$V = Q_o \times (5\text{min} \times 60s) \quad (m^3)$$

$$Q_o = V / (5\text{min} \times 60s) \quad (m^3/s)$$

Sendo:

V = volume da caixa de pré-tratamento (m^3)

DICA: adotamos para o pré-tratamento velocidade de deposição de $0,0139m/s$ para partículas maiores que $125\mu m$ ($0,125mm$).

Exemplo 11.1

Seja área com 50ha, área impermeável de 70%. Dimensionar o pré-tratamento e estimar a eficiência do mesmo.

$$R_v = 0,05 + 0,009 \times AI = 0,05 + 0,009 \times 70 = 0,68$$

$$WQ_v = (P/1000) \times R_v \times A$$

$$WQ_v = (25/1000) \times 0,68 \times 50ha \times 10.000m^2 = 8500m^3$$

Para o pré-tratamento tomemos 10%

$$\text{Volume do pré-tratamento} = 0,1 WQ_v = 0,1 \times 8500 = 850m^3 = V$$

Vazão que chega ao pré-tratamento Q_o

Deverá ser enchido o reservatório de $850m^3$ em 5min. Então:

$$Q_o = 850m^3 / (5\text{min} \times 60s) = 2,83m^3/s$$

$$\text{Mas } V_s = Q/A_s$$

$$V_s = 0,0139m/s \text{ para partículas maiores que } 0,125mm$$

$$A_s = Q/V_s = 2,83/0,0139 = 204m^2$$

Como o volume $V = 850m^3$ a profundidade D será:

$$D = \text{Volume} / A_s = 850m^3 / 204m^2 = 4,2m > 3,5m \text{ Muito fundo!!!}$$

Adotando $D = 3,50m$ que é o limite máximo aconselhável teremos:

$$A_s = \text{volume} / D = 850m^3 / 3,50m = 243m^2$$

Portanto, a área do pré-tratamento é de $243m^2$ e como adotamos a **relação 3:1** temos:

$$L = 3B \text{ (comprimento do pré-tratamento)}$$

$$B = \text{largura do pré-tratamento}$$

$$\text{Área} = 243m^2$$

$$3B \times B = 3B^2 = 243$$

$$B = (243/3)^{0,5} = 9,0m$$

$$L = 3 \times 9,0m = 27,0m$$

$$V = 850m^3$$

$$A_s = 9,0 \times 27,0 = 243m^2$$

As dimensões serão: 9,0m x 27,0m x 3,50m

Para calcular a eficiência de remoção do reservatório de pré-tratamento calculado vamos usar a equação:

$$R = 1 - [(1 + V_s / (n \times Q_o / A_s))]^{-n}$$

Sendo:

R= eficiência de remoção de sólidos em suspensão (TSS)

$V_s = 0,0139 \text{ m/s}$

$A_s = 243 \text{ m}^2$ = área da superfície do pré-tratamento (m^2)

$Q_o = 2,93 \text{ m}^3/\text{s}$ = vazão média de entrada no pré-tratamento (m^3/s)

$n = 3$

$$R = 1 - [(1 + V_s / (n \times Q_o / A_s))]^{-n}$$

$$R = 1 - [(1 + 0,0139 / (3 \times 2,93 / 243))]^{-3}$$

$$R = 0,62$$

Portanto, a eficiência do pré-tratamento por nós adotado é de 62%.

b) usando a eficiência dinâmica de Fair e Geyer

c) usando a eficiência de Camp-Hazen

Passaremos a explicar com mais detalhes a eficiência dinâmica de Fair e Geyer e a eficiência de Camp-Hazen.

11.3 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:

$$R = 1 - [(1 + V_s / (n \times Q_o / A_s))]^{-n}$$

Sendo:

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

V_s = velocidade de sedimentação da partícula (m/h)

$n = 3$. Fator de turbulência de Fair e Geyer, 1954 que tende a reduzir a eficiência da remoção de sólidos.

Q_o = vazão de chegada ou vazão de saída conforme o caso (m^3/s)

Nota: em algumas aplicações a vazão de saída é usada no lugar da vazão de entrada para determinar a taxa de overflow Q_o/A_s , conforme publicação denominada Ponds da EPA.

A_s = área da superfície do pré-tratamento (m^2)

A partícula de $125 \mu\text{m}$ tem velocidade de sedimentação de $0,0139 \text{ m/s}$ e trata-se de areia muito fina.

Normalmente é adotada remoção de 90% para partículas maiores ou iguais a $0,125 \text{ mm}$ e portanto usa-se o valor de $R = 0,90$.

Uma condição usada comumente usada é que a velocidade de sedimentação V_s deve ser maior que Q_i/A_s .

$$q = Q_i / A_s$$
$$V_s > q = Q_i / A_s$$

Sendo:

V_s = velocidade de sedimentação (m/s)

Q_i = vazão de entrada (m^3/s)

As= área da superfície (m²)

Exemplo 11.2

Seja área com 20ha, área impermeável de 60%. Dimensionar o pré-tratamento e estimar a eficiência do mesmo para partícula maior ou igual a 0,125mm.

$$R_v = 0,05 + 0,009 \times AI = 0,05 + 0,009 \times 60 = 0,59$$

$$WQ_v = (P/1000) \times R_v \times A$$

$$WQ_v = (25/1000) \times 0,59 \times 20 \text{ha} \times 10.000 \text{m}^2 = 2950 \text{m}^3$$

Para o **pré-tratamento** tomemos 10%

$$\text{Volume do pré-tratamento} = 0,1 WQ_v = 0,1 \times 2950 = 295 \text{m}^3 = V$$

Vazão que chega ao pré-tratamento Q_o

O reservatório de 295m³ deverá ser enchido em 5min. Então:

$$Q_o = 295 \text{m}^3 / (5 \text{min} \times 60 \text{s}) = 0,98 \text{m}^3/\text{s}$$

Na Tabela (11.1) estão os cálculos feitos por tentativas. Entramos com a área da superfície do pré-tratamento e obtemos o valor de R. Vamos aumentando até obtermos R=0,90 que é 90% que adotamos para deposição de sólidos maiores que 125µm.

Os cálculos são feitos usando a equação de Fair e Geyer, 1954 entrando com o valor de As por tentativa até obtermos o valor de R aproximadamente igual a 0,90.

$$R = 1 - [(1 + V_s / (n \times Q_o / A_s))]^{-n}$$

Tabela 11.1- Cálculos feitos por tentativas variando a Área.

Eficiência da remoção R	n	Velocidade de sedimentação vs (m/s)	Vazão de entrada Q _o (m ³ /s)	Área do pré-tratamento A _s (m ²)
0,69	3	0,0139	0,98	100
0,80	3	0,0139	0,98	150
0,86	3	0,0139	0,98	200
0,90	3	0,0139	0,98	250

Portanto, a área do pré-tratamento é de 250m² e como adotamos a **relação 3:1** temos:

$$L = 3B \text{ (comprimento do pré-tratamento)}$$

$$B = \text{largura do pré-tratamento}$$

$$\text{Área} = 250 \text{m}^2$$

$$3B \times B = 3B^2 = 250$$

$$B = (250/3)^{0,5} = 9,13 \text{m}$$

$$L = 3 \times 9,13 \text{m} = 27,39 \text{m}$$

$$V = 295 \text{m}^3$$

$$A_s = 9,13 \times 27,39 = 250 \text{m}^2$$

$$\text{Profundidade} = 295 \text{m}^3 / 250 \text{m}^2 = 1,18 \text{m OK}$$

As dimensões serão: 9,13m x 27,30m x 1,19m

A eficiência será de 90% para partículas maiores ou iguais a 0,125mm.

11.4 Eficiência da remoção de sólidos em pré-tratamento usando Camp-Hazen

Na equação abaixo de condição dinâmica, quando o valor de n tende para o infinito teremos o funcionamento de um tanque ou reservatório como *plug flow*.

$$R = 1 - [(1 + V_s / (n \times Q_o / A_s))]^{-n}$$
$$\lim_{n \rightarrow \infty} R = 1 - \exp(-V_s / Q / A_s)$$

Conforme a equação de Camp-Hazen temos:

$$E = 1 - \exp(-V_s \times A_s / Q_o)$$
$$E = 1 - \exp(-K \times t)$$

Sendo:

E= eficiência de remoção de sólidos em suspensão (TSS) podendo ser adotado 0,80 ou 0,90. Normalmente é adotado E=0,90.

V_s= velocidade de deposição da partícula calculada pela Lei de Stokes.

Nota: a velocidade de sedimentação em filtros de areia depende da área impermeável conforme se pode ver no Capítulo 12- pré-tratamento deste livro.

A_s= área da superfície do pré-tratamento (m²)

Q_o= vazão média de saída do pré-tratamento (m³/s)

LN= logaritmo neperiano

K= V_s/ h coeficiente da taxa de sedimentação

h= altura média do reservatório (m)

t= V / Q tempo de residência

V= volume do reservatório (m³)

A Austrália, 1998 utiliza a equação de Camp-Hazen para pré-tratamento para eficiência de 80% e velocidade de partículas de 0,0001m/s. Geralmente isto acontece em filtros de areia.

Fazendo os rearranjos temos:

$$A_s = - Q_o / V_s \text{ LN}(1-E)$$
$$Q_o = V / t_d = 0,1 W Q_v / t_d$$

Sendo:

Q_o= vazão média de saída (m³/s)

V= volume do pré-tratamento (m³). Geralmente 10% de WQ_v (volume para melhoria da qualidade das águas pluviais)

t_d= tempo de detenção (s)

Para a eficiência de **remoção quiescente** no reservatório permanente temos:

$$R = V_s \times t_d / h \leq 1$$

Sendo:

R= fração de remoção (0 a 1)

V_s= velocidade de sedimentação

t_d= tempo de detenção

h= profundidade do reservatório

A equação de Camp-Hazen é usada em **filtros de areia** quando são usadas partículas de 20µm e 40µm dependendo da área impermeável ser menor que 75% ou maior que 75%.

Normalmente num pré-tratamento de uma *wetland*, reservatório de detenção estendido e outros não é usada a equação de Camp-Hazen.

11.5 Concentrações irreduzíveis

Conforme Schueler in Tomaz, 2006 é apresentado uma tabela onde estão os limites de reduções de efluentes de algumas BMPs. Acontece que existem concentrações irreduzíveis como por exemplo, não se consegue reduzir a TSS abaixo de 17mg/L em bacias de detenção alagada. A mesma coisa acontece para fósforo total, nitrogênio total, cobre e zinco conforme Tabela (11.2).

Tabela 11.2 - Limites de reduções de efluentes de algumas BMPs

BMPs	TSS mg/L	TP mg/L	TN mg/L	Cu µg/L	Zn µg/L
Bacia alagada	17	0,11	1,3	5,0	30
<i>Wetland</i> artificial	22	0,20	1,7	7,0	31
Práticas de Filtração	11	0,10	1,12	10	21
Práticas de infiltração	17	0,05	3,8	4,8	39
Vala gramada	14	0,19	1,12	10	53

Fonte: New York State Storm water Management Design Manual, 2002.

11.6 Volume de sedimentos

Conforme WSUD, 2006 o volume de sedimentos é dado pela equação:

$$V = A \times R \times Lo \times Fc$$

Sendo:

V= volume do reservatório para detenção de sedimentos (m³)

A= área da bacia (ha)

R= eficiência para detenção de sedimentos (0 a 1)

Lo= carga de sedimentos (m³/ha/ano) que geralmente é 1,6m³/ha/ano.

Para o Brasil usar **10m³/ha x ano**.

Fc= frequência de limpeza (anos)

Exemplo 11.3

Seja uma bacia com área de 8ha, coeficiente de remoção desejado R=0,90, carga de 10m³/ha/ano e queremos fazer a limpeza com frequência de 5 anos.

$$V = A \times R \times Lo \times Fc$$

$$V = 8ha \times 0,90 \times 10 \times 5anos = 360m^3$$

Portanto, em 5anos teremos um volume depositado no fundo do reservatório de pré-tratamento de 360m³.

Exemplo 11.4

Calcular o tempo que um reservatório de pré-tratamento para detenção de sólidos demorará para encher totalmente, sendo dado volume V=324m³; A=8ha, Lo=10m³/ha/ano

$$V = A \times R \times Lo \times Fc$$

$$F_c = V/A \times R \times L_o$$
$$F_c = 324/(8 \times 0,90 \times 10) = 4,5 \text{ anos}$$

11.7 Tempo de esvaziamento do pré-tratamento

Conforme Riverside, 2004 o tempo de drenagem do pré-tratamento é de 45 min. Portanto, o tubo de saída do fundo do reservatório do pré-tratamento deverá ser dimensionado para **drenar todo o reservatório no máximo em 45min.**

11.8 Remoção de partículas das águas pluviais

Considerando uma área urbana as precipitações que caem nas casas, ruas, avenidas e estradas, parques, etc transportam sólidos, variando desde argila até agregados maiores. A variação do diâmetro das partículas dependem do local, do vento, das precipitações e de outras variáveis.

Infelizmente não temos muitas pesquisas feitas no Brasil e mostraremos somente as pesquisas americanas que são as seis curvas mostradas na Figura (11.3). No capítulo 15 deste livro apresentamos algumas pesquisas no Brasil e em outros países.

Conforme Rinker, 2004 a primeira curva da distribuição das partículas de monitoramento do *Stormceptor* refere-se a uma firma americana que faz produtos para a decantação de sólidos usadas muito em estradas de rodagens.

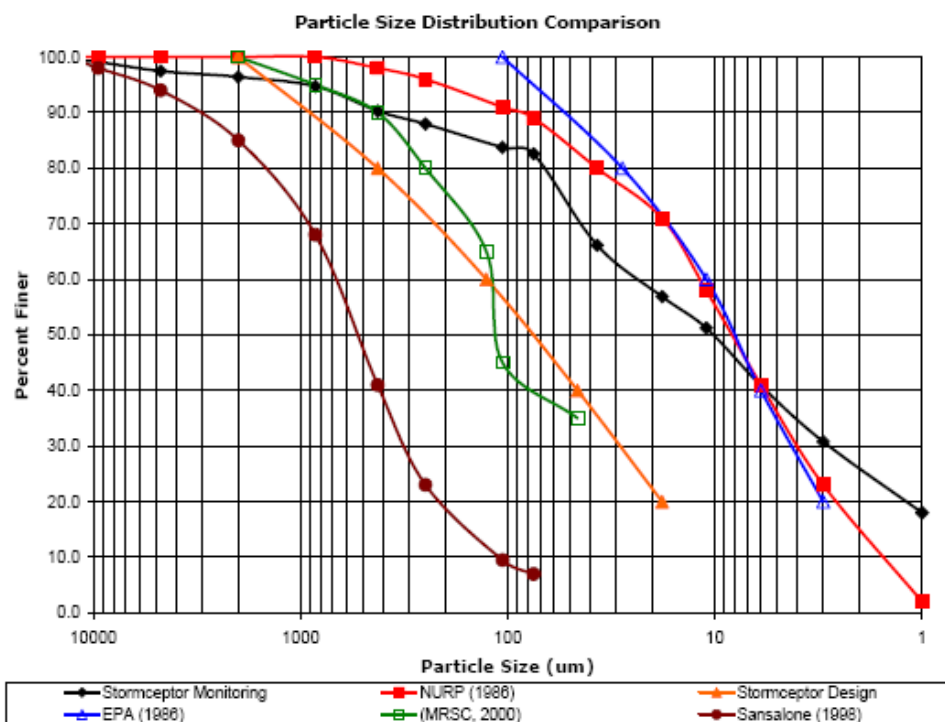
A segunda da EPA, 1986 devido ao trabalho coordenado por E. Driscoll.

A terceira curva de partículas é a do NURP, 1986 que fez inúmeras pesquisas.

A quarta curva de partículas é do MRSC, 2000- *Municipal Research & Services de Washington* que fez pesquisa somente em um local.

A quinta curva é a de projeto do *Stormceptor* que é uma firma americana de equipamentos que é baseada no MOE (*Ministry of Environment Stormwater Practices Manual* de 1994) de Ontário e que por sua vez é baseada na Usepa, 1983.

A sexta curva é J. Sansolone que foi feita uma pesquisa somente em determinado local, devendo ser apreciada com cautela.



NURP - National Urban Runoff Program (EPA, 1983)
 EPA - Detention Basin Analysis (EPA, 1986)
 MRSC - Municipal Research & Services Center (of Washington)

Figura 11.3- Comparação da distribuição do tamanho de partículas de águas pluviais nos Estados Unidos conforme Rinker, 2004.

A conclusão a que chegou Rinker, 2004 é que para a melhoria da qualidade das águas pluviais, temos que capturar partículas <100µm, onde se depositarão de 50% a 100% das partículas. Rinker, 2004 salienta ainda que Walker, 1997 associou a deposição de metais e outros poluentes em águas pluviais quando houver deposição de partículas menores que 100µm.

Portanto, Rinker, 2004 concluiu que deve-se adotar o critério para deposição de partículas menores que 100µm para a melhoria da qualidade das águas pluviais.

Salientamos que adotamos para pré-tratamento a deposição de partículas maiores que 125µm

11.9 Eficiência global

Conforme Tomaz, 2006 a taxa de remoção de BMPs em série conforme New Jersey é:

$$R = A + B - [(A \times B)/100]$$

Sendo:

R= eficiência global de remoção de TSS (%)

A= eficiência do reservatório de pré-tratamento para todas as partículas (%)

B= eficiência do reservatório de detenção estendido (%)

Exemplo 11.5

Seja uma área de 2ha com AI=70% sendo o *first flush* P=25mm.

Vamos calcular a eficiência no pré-tratamento e no tratamento (BMP) que é uma bacia de retenção estendida. Depois vamos calcular a eficiência em série e a eficiência relativa de cada BMP. Para isto vamos usar os estudos feito por Papa, 1999 usando as frações de partículas do Canadá.

Volume para melhoria da qualidade das águas pluviais

$$R_v = 0,05 + 0,009 \times AI = 0,05 + 0,009 \times 70 = 0,68$$

$$WQ_v = (P/1000) \times R_v \times A$$

$$WQ_v = (25/1000) \times 0,68 \times 2\text{ha} \times 10000\text{m}^2 = 340\text{m}^3$$

Pré-tratamento: 10% de $WQ_v = 0,1 \times WQ_v = 0,1 \times 340\text{m}^3 = 34\text{m}^3$

Vazão que chega até o pré-tratamento Q_0

$$Q_0 = 0,1 WQ_v / (5\text{min} \times 60\text{s}) = 34\text{m}^3 / (5\text{min} \times 60\text{s}) = 0,113\text{m}^3/\text{s}$$

D= 1,00m profundidade adotada

$$A_s = 0,1 WQ_v / D = 34\text{m}^3 / 1,00\text{m} = 34\text{m}^2$$

Eficiência no pré-tratamento

Vamos usar o Capítulo 01 deste livro para os cálculos. Consideramos que a área do reservatório do pré-tratamento $A_s = 34\text{m}^2$ e profundidade $D = 1,00\text{m}$.

Eficiência da remoção conforme Capítulo 01 deste livro

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

$$\eta = 1 - [(1 + V_s / (n \times Q/A)]^{-n}$$

Sendo:

η = eficiência dinâmica da deposição para remoção de sólidos em suspensão (fração que varia de 0 a 1)

V_s = velocidade de sedimentação (m/h)

n = fator de turbulência de Fair e Geyer, 1954 sendo usualmente admitido $n=3$ para “boa performance”

Q = vazão de **entrada ou de saída** (m^3/h).

A = área da superfície do reservatório (m^2)

A última equação vale para uma determinada velocidade de sedimentação V_s , mas para todas temos que fazer a somatória para se obter a eficiência global E_d .

É importante observar que na equação abaixo já está multiplicada pela fração F_i .

$$E_d = \sum F_i \{ 1 - [(1 + V_s / (n \times Q/A)]^{-n} \}$$

Sendo:

F_i = as frações da porcentagem das partículas (0,20; 0,10; 0,10; 0,20; 0,20; 0,20)

Obteremos conforme Tabelas (11.3) a eficiência no pré-tratamento de 18,66%.

Tabela 11.3-Cálculo da eficiência no pré-tratamento usando a vazão que entra,

				turbulência	Qo Vazão de entrada (m ³ /s)	Área da superfície As (m ²)	Remoção
Canadá	Canadá	Canadá	Canadá		entra		(fração)
Fração	(%) de massa de partículas	Vs velocidade de sedimentação (m/h)	Vs velocidade de sedimentação (m/s)	n			
(mm)							
<= 20mm	20	0,000914	2,53889E-07	3	0,1133	34	0,000015
20<x<=40	10	0,0468	0,000013	3	0,1133	34	0,000389
40<x<=60	10	0,0914	2,53889E-05	3	0,1133	34	0,000758
60<x<=0,13	20	0,457	0,000126944	3	0,1133	34	0,007427
0,13<x<=0,40	20	2,13	0,000591667	3	0,1133	34	0,031679
0,40<x<=4,0	20	19,8	0,0055	3	0,1133	34	0,146293
Total=	100						0,1866

No reservatório de detenção estendido teremos o volume WQv de 340m³ será escoado em 24h e então teremos a vazão:

$$Q_o = WQ_v / 86400s = 340m^3 / 86400s = 0,0039m^3/s.$$

Notar que agora no reservatório de detenção estendido usamos a vazão de saída Qo para aplicação da condição dinâmica o que é permitido conforme se pode ver em Papa, 1999. No reservatório do pré-tratamento usamos o valor Qo de entrada e não de saída.

A área da superfície é de 340m², altura de 1,00m e a remoção total será de 74,45%.

Tabela 11.4- Cálculo da eficiência no tratamento das águas pluviais no reservatório de detenção estendido usando a vazão que sai.

				turbulência	Qo Vazão de saída (m ³ /s)	As (m ²)	Remoção
Canadá	Canadá	Canadá	Canadá		entra		(fração)
Fração	(%) de massa de partículas	Vs velocidade de sedimentação (m/h)	Vs velocidade de sedimentação (m/s)	n			
(mm)							
<= 20mm	20	0,000914	2,53889E-07	3	0,0039	340	0,004324
20<x<=40	10	0,0468	0,000013	3	0,0039	340	0,061482
40<x<=60	10	0,0914	2,53889E-05	3	0,0039	340	0,080727
60<x<=0,13	20	0,457	0,000126944	3	0,0039	340	0,198019
0,13<x<=0,40	20	2,13	0,000591667	3	0,0039	340	0,199966
0,40<x<=4,0	20	19,8	0,0055	3	0,0039	340	0,200000
Total=	100						0,7445

Eficiência global.

Conforme Tomaz, 2006 no livro Poluição Difusa a eficiência de duas BMPs a eficiência em séria das duas BMPs será:

$$R = A + B - [(A \times B) / 100]$$

Sendo:

R= eficiência global (%)

A= eficiência do reservatório de pré-tratamento para todas as partículas= 31,79%

B= eficiência do reservatório de detenção estendido= 69,51%

$$R = A + B - [(A \times B)/100]$$

$$R = 18,66 + 74,45 - [(18,66 \times 74,45)/100] = 79,22 \%$$

Portanto, a eficiência global será de 79,22%

Eficiência do pré-tratamento e do reservatório de detenção estendido

Vimos que o rendimento das duas BMPs, isto é, o pré-tratamento e o reservatório de detenção estendido é de 77,86%. Vamos estimar de quanto será individualmente a remoção de TSS.

Porcentagens:

$$18,66 / (18,66 + 74,45) = 0,20$$

$$74,45 / (18,66 + 74,45) = 0,80$$

$$0,20 \times 79,22 = 15,84\%$$

$$0,80 \times 79,22 = 63,38\%$$

$$15,84 + 63,38 = 79,22\%$$

Portanto, a eficiência do pré-tratamento é 15,84% e a eficiência do reservatório de detenção estendido é 63,38% totalizando 79,22%.

Método Simples de Schueler

Vamos aplicar o método simples de Schueler para a área residencial de 2ha, com AI=70%, precipitação anual 1450mm e considerando a carga de TSS de 116mg/L.

$$L = 0,01 \times P \times Pi \times Rv \times C \times A$$

$$P = 1450 \text{mm}$$

$$Pi = 0,90$$

$$Rv = 0,05 + 0,009 \times AI = 0,05 + 0,009 \times 70 = 0,68$$

$$C = 116 \text{mg/L}$$

$$A = 2 \text{ha}$$

$$L = 0,01 \times P \times Pi \times Rv \times C \times A$$

$$L = 0,01 \times 1450 \times 0,90 \times 0,68 \times 116 \times 2 \text{ha} = 2059 \text{kg/ano}$$

No pré-tratamento serão depositados 2059kg x 0,2414=497kg e no reservatório de detenção estendido 2059 x 0,5372=1106kg totalizando 1603kg/ano. O restante 2059kg-1603kg=456kg/ano irá passar sem deposição.

11.10 Bibliografia e livros consultados

- AUSTRALIA, AGOSTO 1998. A manual for managing urban stormwater quality in western Austrália. Water and Rivers Commission.
- PAPA, FABIAN et al. *Detention time selection for stormwater quality control ponds*. 31/july/1999. Can. J. Civ. Eng. 26:72-82 (1999).
- RINKER, 2004. *Particle size distribution (PSD) in stormwater runoff*.
http://www.rinkermaterials.com/ProdsServices/downloads/InfoBriefs_Series/IS%20601%20Particle%20Size%20Distribution%20_PSD_%20in%20Stormwater%20Run.pdf
- RIVERSIDE COUNTY, 2004. *Stormwater quality best management practice design handbook*. April, 15, 2004. Riverside County flood control and water conservation district.
- TOMAZ, PLINIO. *Poluição Difusa*. Navegar, 2006
- WSUD TECHNICAL DESIG GUIDELINES. *Chapter 4-Sediment Basin*, june, 2006