

Capítulo 52
Custo e eficiência das BMPs

“Se não está planejada a manutenção, não construa”.
Urbanas, 1993



Pantanal matogrossense

SUMÁRIO

Ordem	Assunto
	Capítulo 52- Custo de drenagem e das BMPs
52.1	Introdução
52.2	BMPs
52.3	Distribuição de sedimentos
52.4	Definição das BMPs
52.5	Manutenção e operação
52.5	Escolha da BMP adequada e vida útil
52.6	Preços unitários
52.7	Recuperação de capital
52.8	Valor presente do custo de manutenção e operação
52.9	Manutenção e operação
52.10	Custos de construção das BMPs
52.11	Método Simples de Schueler
52.12	Volume para melhoria da qualidade das águas pluviais WQv
52.13	Remoção média de poluentes das BMPs
52.14	Custo total do valor presente (TPC)
52.15	Fração do runoff tratado
52.16	Área ocupada pela BMP
52.17	Custo médio do valor presente de BMPs conforme Minnesota, 2005
52.18	Bibliografia e livros consultados

Capítulo 52- Custo de drenagem e das BMPs

52.1 Introdução

É fundamental a estimativa de custo de construção, manutenção e operação das BMPs bem como a eficiência das mesmas.

O objetivo primário de uma BMP é a detenção de 80% dos sólidos totais em suspensão (TSS) e reduzir o fósforo total. O objetivo secundário é reduzir o nitrogênio total. Tudo isto para evitar impactos ambientais, pois o excesso de nutrientes causará proliferação de algas trazendo aspectos negativos ao meio ambiente.

Tivemos como base de nossos estudos as pesquisas feitas em Minnesota, 2005 que são as mais atualizadas que conhecemos.

Para a transformação de unidades de ft^3 para m^3 **multiplicar por 0,0283.**

Para transformar m^3 em ft^3 **dividir por 0,0283.**

Para transformar *pound* (lb) em kg **multiplicar por 0,45359.**

Para transformar kg em *pound* (lb) **dividir por 0,45359.**

Conceito de intervalo de confiança

$$\bar{X} \pm k \cdot s$$

Sendo:

\bar{X} = média

s= desvio padrão

k= 1 ou 2 ou 3

$\bar{X} \pm s$ k=1 para intervalo de confiança de 70%

$\bar{X} \pm 2 \cdot s$ k=2 para intervalo de confiança de 95%

$\bar{X} \pm 3 \cdot s$ k=3 para intervalo de confiança de 100%

No trabalho feito em Minnesota, 2006 usou-se o intervalo de confiança com 67% de probabilidade que é aproximadamente o valor de um desvio padrão.

$$\bar{X} \pm s$$

52.2 BMPs

A deposição de 80% de TSS resultará na melhoria da qualidade das águas pluviais, pois as partículas ao se sedimentar arrastam para o fundo os poluidores.

O fósforo é um nutriente importante e se apresenta nas águas pluviais de duas maneiras básicas: **fósforo particulado** e **fósforo dissolvido**. Define-se **fósforo dissolvido** aquele que passa por um filtro de $0,45\mu\text{m}$ e o material retido é o fósforo particulado. Em média temos $0,3\text{mg/L}$ de fósforo total, sendo $0,10\text{mg/L}$ de fósforo dissolvido e $0,20\text{mg/L}$ de fósforo particulado.

É importante salientar que a quantidade de fósforo varia de lugar para lugar e de tempo em tempo. Assim conforme o período de verão e inverno teremos para o mesmo lugar quantidades diferentes de fósforo.

O fósforo através da sedimentação e da filtração retém o fósforo particulado, enquanto que parte do fósforo dissolvido é convertido por meios químicos ou adsorção para fósforo particulado e então se deposita.

Minnesota, 2005 salienta que as **BMPs funcionam automaticamente** e não possuem partes mecânicas como a que existem em tratamento de água ou esgoto.

A adição de calcário em uma BMP pode facilitar a remoção do fósforo por precipitação e adsorção.

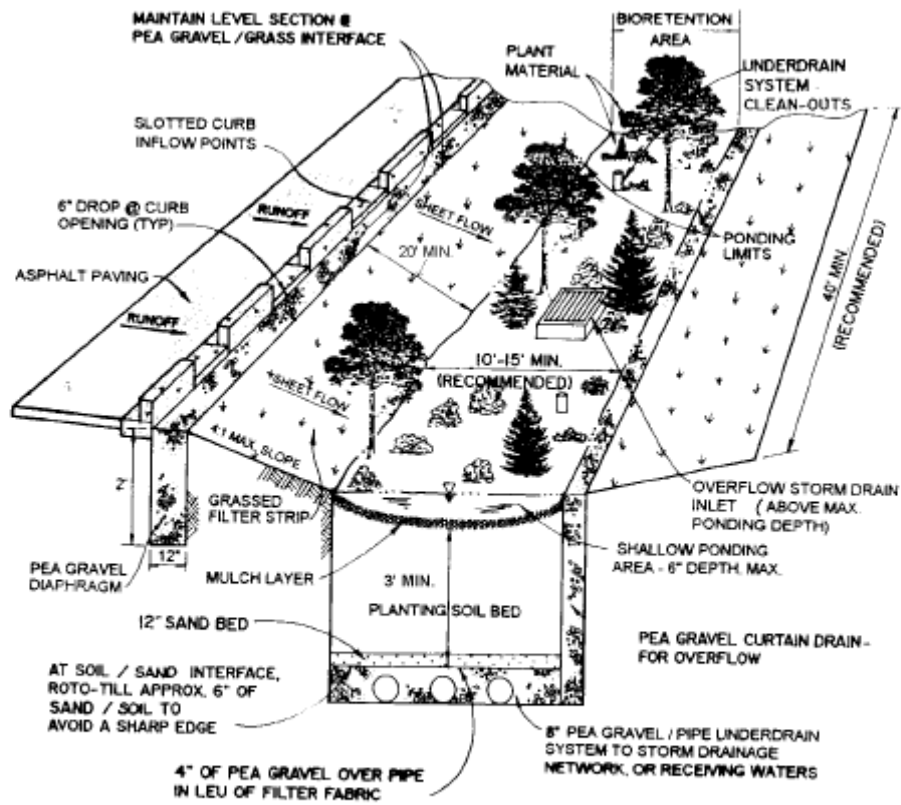
52.3 Distribuição de sedimentos

Conforme Minnesota, 2005 a distribuição de sedimentos nas águas pluviais em cinco cidades da Malásia é igual praticamente a da bacia do Lago Tahoe nos Estados Unidos, sendo **$d_{50}=0,67\text{mm}$** .

52.4 Definição das BMPs

As BMPs (*Best Management Practices*) são destinadas a melhoria da qualidade das águas pluviais e as básicas são:

- a) **Reservatório de detenção seco**: detém somente a enchente
- b) **Reservatório de detenção estendido**: detém a enchente, mas a água fica 24h armazenada com escoamento lento.
- c) **Reservatório de retenção**: existe um volume permanente de água pluvial. Detém enchente e a água escoar num prazo superior a 24h.
- d) **Wetlands**: detém enchente e há vegetação para a filtração da água. Há um volume permanente e o escoamento se dá em prazo maior que 24h
- e) **Bacia de infiltração**: as águas pluviais são encaminhadas a uma superfície grande e infiltradas no solo.
- f) **Trincheira de infiltração**: são valas de areia onde as águas pluviais são filtradas e infiltradas no solo.
- g) **Filtro de Bioretenção**: é uma depressão preenchida com areia ou solo com vegetação nativa na paisagem onde as águas pluviais são depositadas, armazenadas e infiltrada. Geralmente estão próximas das áreas impermeáveis e são instaladas em estacionamentos, áreas isoladas e áreas de jardins. A Figura (521) mostra um filtro de bioretenção. Importante salientar que o *rain garden* é um filtro pequeno de bioretenção.
- h) **Filtro de areia**: há a filtração das águas pluviais e a água pluvial filtrada é lançada no córrego mais próximo
- i) **Canal gramado**: serve para o escoamento de águas pluviais quando há precipitação por um canal gramado
- j) **Faixa de filtro gramado**: são faixas ao longo de rios, córregos, lagos e estradas com objetivo de filtrar as águas pluviais.



SOURCE: Adapted from
 Prince George's County,
 Maryland
 Design Manual, 1993

Figura 52.1- Filtro de bioretenção
 Fonte: Claytor e Shueler, 1996

52.5 Escolha da BMP adequada e vida útil

É muito difícil a escolha da BMP adequada, pois conforme se pode ver na Tabela (52.1) as BMPs têm a sua limitação de áreas, do solo, local de execução (*in line* ou *off line*) e vida útil estimada.

Para efeito de cálculos **usaremos a vida útil das BMPs em 20anos.**

Tabela 52.1 - Considerações sobre o tipo de BMP estrutural escolhida

BMP	Área mínima da bacia da BMP (ha)	Área máxima bacia (ha)	Solo	Configuração	Vida útil estimada (anos)
Trincheira de infiltração		4	Dependente	Off-line/on-line	10 a 15
Bacia de infiltração	2	20	dependente	Off line	5 a 10
Bacia de detenção estendida	4	10	independente	On-line	20 a 50
Wetlands artificiais	10	100	dependente	Off-line / on-line	20 a 50
Reservatório Enterrado	0,4	0,8	dependente	Off-line	50 a 100
Filtro de areia enterrado		0,4	Independente	Off-line	5 a 20
Filtro de areia superficial	0,4	4	Independente	Off-line	5 a 20
Canal gramado		4	dependente	On-line	5 a 20
Faixa de filtro gramado		2	dependente	On-line	20 a 50
Separador de óleos e graxas		0,4	Independente	On-line	50 a 100
Bacia de detenção alagada	4	100	dependente	Off-line / on-line	
Pavimento poroso	0,1	4	dependente		
Pavimento modular		2	dependente		
Mini-wetland artificial	4		dependente	Off-line / on-line	

Fonte: adaptado de FHWA, 2004

O SUDs conforme CIRIA, 2007 adota vida útil de 25anos a 30anos com a taxa de desconto de 3,5% na maioria dos projetos.

52.6 Preços unitários

Conforme Tucci, 2001 a falta de manutenção e retirada de material sólido das detenções pode implicar em: perda de eficiência, propagar doenças e deterioração ambiental.

Como regra prática o custo do projeto é 10% do custo total de construção (Canadá, 2001) e os custos de contingência são 15% (quinze por cento) do total.

Segundo ASCE, 1998 os custos do projeto e contingência variam de 25% a 32%.

O valor presente deve ser calculado em prazo de aproximadamente 20 anos. Poderá entrar ou não os custos de desapropriações das terras.

Nas Tabela (52.2) a (52.6) estão os custos em dólares americanos de serviços e obras que devem servir apenas como estimativa.

Tabela 52.2-Estimativa dos preços unitários médios

Serviços	Unidade	Preço unitário US\$
Escavação mecânica para valas	m ³	4,50 a 5,10
Escavação mecânica de córrego	m ³	2,50 a 2,80
Carça e remoção de terra a distância média de 20km	m ³	14,00 a 15,00
Fornecimento de terra incluindo carça, escavação e transporte até a distância média de 20km	m ³	16,00 a 17,00
Compactação de terra média no aterro	m ³	3,50 a 3,80
Demolição de pavimento asfáltico	m ²	5,00 a 5,50
Pavimentação	m ²	38,00 a 40,00
Fornecimento e assentamento de paralelepípedo	m ²	29,00 a 31,00
Fornecimento e assentamento de tubos de concreto armado CA-2, diâmetro 1,00m	m	146,00 a 150,00
Boca de lobo simples	un	400,00 a 420,00
Poço de visita	un	640,00 a 660,00
Escoramento com perfis metálicos	m ²	87,00 a 100,00
Concreto armado moldado "in loco" (inclui formas e armaduras)	m ³	420,00 a 480,00
Fornecimento e colocação de gabião tipo caixa	m ³	142,00 a 158,00
Fornecimento e escavação de estaca de concreto para 30 ton.	m	40,00 a 45,00

Fonte: Canholi, tese de doutoramento EPUSP, 1995

Fonte: Canholi, tese de doutoramento EPUSP, 1995

Tabela 52.3-Composição do custo das galerias pré-moldadas. (dez ano 2001 1US\$ = R\$ 2,40)

Ordem	Itens	Custo unitário US\$	Dimensão		
			1,1m x 1,2m US\$/m	1,6m x 1,6m US\$/m	1,7m x 1,7m US\$/m
1	Remoção de pavimento asfáltico (m ³)	90,4	19,0	25,8	27,1
2	Escavação (m ³)	6,1	14,5	24,3	26,8
3	Remoção (m ³)	2,1	5,0	8,3	9,2
4	Escoramento (m ²)	5,0	16,9	20,9	21,9
5	Reaterro (m ³)	1,8	1,2	1,7	1,8
6	Radier (m ³)	110,2	30,9	41,9	44,1
7	PV (unidade)	145,8	3,6	3,6	3,6
8	Tampão (unidade e por metro)	83,3	2,1	2,1	2,1
9	Boca de lobo (unidade e por metro)	104,2	5,2	5,2	5,2
10	Assentamento galeria (m)	0,0	44,1	54,2	54,2
11	Fornecimento galeria (m)	0,0	108,3	196,6	225,9
12	Custo parcial	0,0	250,8	384,5	421,7
13	Perdas (10%)	0,0	25,1	38,4	42,2
14	Custo (m)	0,0	275,9	422,9	463,9

Fonte: Plano Diretor de Drenagem Urbana de Caxias do Sul, Tucci, 2001.

Tabela 15.4-Composição do custo US\$/m das tubulações (dez ano 2001 1US\$ = R\$ 2,40)

Item	Custo unitário US\$	Diâmetro			
		0,4m US\$/m	0,6m US\$/m	0,8m US\$/m	1,0m US\$/m
Remoção de pavimento asfáltico (m ³)	90,4	9,5	12,2	14,9	17,6
Escavação (m ³)	6,1	3,8	6,0	8,7	11,9
Remoção (m ³)	2,1	1,3	2,1	3,0	4,1
Escoramento (m ²)	5,0	8,9	10,9	12,9	14,9
Reaterro (m ³)	1,8	0,6	0,8	0,9	1,1
Radier (m ³)	110,2	15,4	19,8	24,3	28,7
PV (unidade)	145,8	3,6	3,6	3,6	3,6
Tampão (unidade e por metro)	83,3	2,1	2,1	2,1	2,1
Boca de lobo (unidade e por metro)	104,2	5,2	5,2	5,2	5,2
Assentamento galeria (m)		3,5	5,8	12,6	18,9
Fornecimento galeria (m)		15,8	26,7	32,9	66,7
Custo parcial		70,1	95,4	121,4	175,1
Perdas (10%)		7,0	9,5	12,1	17,5
Custo (m)		77,1	105,0	133,6	192,6

Fonte: Plano Diretor de Drenagem Urbana de Caxias do Sul, Tucci, 2001.

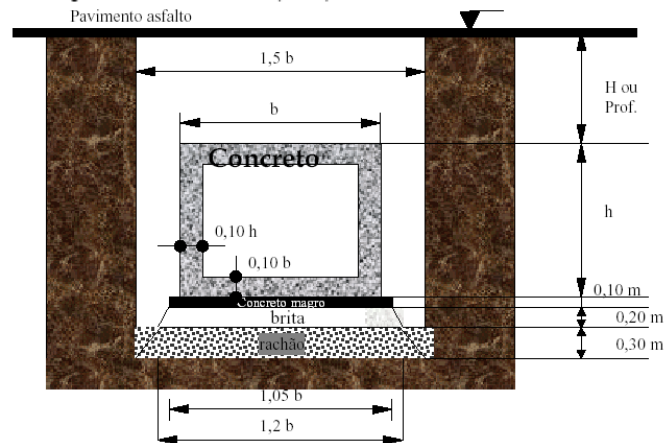


Figura 52.1- Croquis dos elementos considerados no custo das galerias retangulares.
 Fonte: Plano Diretor de Drenagem Urbana, Porto Alegre, Tucci, 2001.

Tabela 15.5 Custos unitários de tubos de concreto (dez. ano 2001 1US\$ = R\$ 2,40)

Item	Custo unitário US\$	Diâmetros	
		0,4m US\$/m	0,5m US\$/m
1	2	3	4
Remoção e reposição de pav. Asfáltico (m ³)	90,3	5,1	6,3
Escavação (m ³)	20,8	23,3	31,3
Remoção até 2km (m ³)	2,1	2,3	3,1
Escoramento (m ²) Tipo A (5%)	2,7	0,4	0,4
Escoramento (m ²) Tipo B (25%)	5,0	1,9	2,1
Escoramento (m ²) Tipo C (70%)	6,2	5,4	5,7
Reaterro simples (20%)	1,8	0,3	0,4
Reaterro com areia (20%)	11,9	0,3	0,4
Reaterro com saibro (60%)	9,7	0,9	1,1
Radier (m ³)	110,2	3,1	4,4
PV (preço unitário e preço/metro)	208,3	4,2	4,2
Tampão (preço unitário e preço/metro)	83,3	1,7	1,7
Boca de lobo (preço unitário e preço/metro)	62,5	2,5	2,5
Assentamento 0,4	3,5	3,5	4,8
Fornecimento 0,4	5,8	5,8	8,5
Sub-total		60,6	76,8
Lucro e despesas indiretas (32,68%)		19,8	25,1
Custo final		101,9	101,9

Tabela 52.6-continuação- Custos unitários de tubos de concreto (dez ano 2001 - 1US\$ = R\$ 2,40)

Diâmetro da tubulação						
0,6m	0,8m	1,0m	1,2m	1,5m	1,8m	2,0m
US\$/m	US\$/m	US\$/m	US\$/m	US\$/m	US\$/m	US\$/m
5	6	7	8	9	10	11
7,6	10,1	12,7	15,2	19,0	22,8	25,3
40,0	60,0	83,3	110,0	156,3	210,0	250,0
4,0	6,0	8,3	11,0	15,6	21,0	25,0
0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8
2,2	2,5	2,7	3,0	3,4	3,8	4,1
6,1	6,9	7,7	8,4	9,6	10,7	11,5
0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4
0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4
1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,8	4,3
6,0	9,7	14,3	19,8	29,8	41,7	50,7
4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
5,8	12,6	18,9	23,1	46,4	68,8	87,6
10,9	30,3	42,2	57,3	88,0	121,7	147,0
93,4	149,7	202,5	261,0	382,3	516,0	617,4
30,5	48,9	66,2	85,3	124,9	168,6	201,8
123,9	198,6	268,7	346,3	507,2	684,6	819,2

Tabela 52.7 Custos US\$/m de galerias (dez ano 2001 1US\$ = R\$ 2,40)

Item	Custo unitário	Galeria
	US\$	0,80m X 0,80m US\$/m
1	2	3
Remoção e reposição de pav. Asfáltico (m ³)	90,3	7,6
Meio fio	2,5	5,1
Escavação (m ³)	20,8	57,5
Remoção até 2km (m ³)	2,1	5,8
<i>Escoramento Tipo A (5%)</i>	2,7	0,6
<i>Escoramento Tipo B (25%)</i>	5,0	5,7
<i>Escoramento Tipo C (70%)</i>	6,2	20,1
Concreto magro fck>10MPa (m ³)	62,7	5,1
Enrocamento com brita (m ³)	16,4	3,0
Enrocamento com rachão (m ³)	13,9	4,5
Concreto armado (m ³)	159,6	38,8
<i>Reaterro simples (20%)</i>	1,8	0,6
<i>Reaterro com areia (20%)</i>	11,9	4,3
<i>Reaterro com saibro (60%)</i>	9,7	10,5
PV (preço unitário e preço/metro)	208,3	4,2
Tampão (preço unitário e preço/metro)	83,3	1,7
Bocas de lobo (preço unitário e preço/metro)	62,5	2,5
Sub-total		177,5
Lucro e despesas indiretas (32,68%)		58,0
Custo final		235,6

Tabela 52.8 Custos US\$/m de galerias (dezembro do ano 2001 -1US\$ = R\$ 2,40)

Galeria de concreto				
1,00mx 1,00m	1,20m x 1,20m	1,50mx1,50m	2,00m x2,00m	3,00mx3,00m
US\$/m	US\$/m	US\$/m	US\$/m	US\$/m
4	5	6	7	8
9,5	11,4	14,2	19,0	28,5
5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
78,1	101,3	140,6	218,8	421,9
7,8	10,1	14,1	21,9	42,2
0,7	0,7	0,8	1,0	1,2
6,2	6,7	7,5	8,7	11,2
21,8	23,6	26,2	30,6	39,3
6,4	7,7	9,6	12,9	19,3
3,7	4,4	5,5	7,4	11,1
5,6	6,8	8,4	11,3	16,9
60,6	87,3	136,4	242,5	458,8
0,8	1,0	1,2	1,6	2,4
5,4	6,5	8,1	10,7	16,1
13,2	15,8	19,7	26,3	39,5
4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
233,3	296,6	405,8	625,9	1121,6
76,2	96,9	132,6	204,5	366,5
309,5	393,5	538,5	830,5	1488,2

**Tabela 52.9- Componentes dos custos das tubulações circulares de 0,4m a 0,5m de diâmetro
 (dez do ano 2001 1US\$ = R\$ 2,40)**

Item	Custo unitário US\$	Diâmetro da galeria em metros	
		0,4m US\$/m	0,5m US\$/m
1	2	3	4
Remoção e reposição de pav. Asfáltico (m ³)	90,3	5,1	6,3
Escavação (m ³)	20,8	23,3	31,3
Remoção até 2km (m ³)	2,1	2,3	3,1
Escoramento (m ²) Tipo A (5%)	2,7	0,4	0,4
Escoramento (m ²) Tipo B (25%)	5,0	1,9	2,1
Escoramento (m ²) Tipo C (70%)	6,2	5,4	5,7
Reaterro simples (20%)	1,8	0,3	0,4
Reaterro com areia (20%)	11,9	0,3	0,4
Reaterro com saibro (60%)	9,7	0,9	1,1
Radier (m ³)	110,2	3,1	4,4
PV (preço unitário e preço/metro)	208,3	4,2	4,2
Tampão (preço unitário e preço/metro)	83,3	1,7	1,7
Boca de lobo (preço unitário e preço/metro)	62,5	2,5	2,5
Assentamento 0,4	3,5	3,5	4,8
Fornecimento 0,4	5,8	5,8	8,5
Sub-total		60,6	76,8
Lucro e despesas indiretas (32,68%)		19,8	25,1
Custo final		101,9	101,9

Tabela 52.10-continuação- Componentes dos custos das tubulações circulares de 0,6m a 2,0m de diâmetro (dez ano 2001 1US\$ = R\$ 2,40)

Diâmetro da galeria em metros						
0,6m US\$/m	0,8m US\$/m	1,0m US\$/m	1,2m US\$/m	1,5m US\$/m	1,8m US\$/m	2m US\$/m
5	6	7	8	9	10	11
7,6	10,1	12,7	15,2	19,0	22,8	25,3
40,0	60,0	83,3	110,0	156,3	210,0	250,0
4,0	6,0	8,3	11,0	15,6	21,0	25,0
0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8
2,2	2,5	2,7	3,0	3,4	3,8	4,1
6,1	6,9	7,7	8,4	9,6	10,7	11,5
0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4
0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4
1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,8	4,3
6,0	9,7	14,3	19,8	29,8	41,7	50,7
4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
5,8	12,6	18,9	23,1	46,4	68,8	87,6
10,9	30,3	42,2	57,3	88,0	121,7	147,0
93,4	149,7	202,5	261,0	382,3	516,0	617,4
30,5	48,9	66,2	85,3	124,9	168,6	201,8
123,9	198,6	268,7	346,3	507,2	684,6	819,2

52.7 Recuperação do capital

Considerando o período de 20 anos para recuperar o capital do investimento feito a taxa de juros mensais “i” conforme Mays e Tung, 1992.

$$\text{Amortização} = \frac{\text{Capital} \times i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Sendo:

n=20anos=240meses

juros mensal = i = 0,0072 (ao mês ou seja 8,64% ao ano, por exemplo)

Capital em US\$

Exemplo 52.1- Como calcular a amortização mensal.

Sendo o custo do reservatório de US\$ 75.000 e considerando juros mensais de 0,72% (0,0072) e período de 20 anos (20anos x 12meses = 240 meses), o fator anual de recuperação do capital será (Mays e Tung, 1992 p.25).

$$\text{Amortização} = \frac{\text{Capital} \times i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

sendo:

n=20anos=240meses

juros mensal = i = 0,0072 (ao mês ou seja 8,64% ao ano)

Capital = US\$ 75.000

$$\text{Amortização} = \frac{75.000 \times 0,0072 \times (1 + 0,0072)^{240}}{(1+0,0072)^{240} - 1} = \text{US\$ 658 /mês}$$

52.8 Valor presente do custo de manutenção e operação

Conforme CIRIA, 2007 o valor presente é:

$$\text{PV} = \frac{\text{Ct}}{(1+r/100)^t}$$

Sendo:

PV= valor presente

Ct= custo no ano t

t=ano

r=taxa de desconto em porcentagem. (Exemplo r=3,5%)

Minnesota, 2005 considerando o período de 20 anos para calcular o valor presente das despesas de manutenção e operação com taxa de inflação anual “r” e taxa de juros anuais “i”.

Consideramos a equação de Collier e Ledbetter, 1988 in Minnestota, 2005 temos:

$$\text{COM} \times \{[(1+r)/(1+i)]^n - 1\}$$

$$\text{P=valor presente em 20 anos de op +man} = \frac{\text{COM} \times \{[(1+r)/(1+i)]^n - 1\}}{(r-i)}$$

Sendo:

P=custo equivalente a manutenção e operação de 20anos

$n=20$ anos

i =juro anual

C_{OM} = custo anual de manutenção e operação (US\$)

r = taxa de inflação anual

A equação acima pode ser reescrita assim:

$$E = \frac{\{[(1+r)/(1+i)]^n - 1\}}{(r-i)}$$

$$P = C_{OM} \times E$$

Dica: podemos usar o prazo de vida útil das BMPs de 20anos.

Exemplo 52.2

Seja uma **bacia de detenção estendida** com volume $WQ_v = 10.000m^3$ e considerando o custo unitário US\$ 35/ m^3 teremos o custo de construção de:

$$C = 10.000m^3 \times US\$ 35/m^3 = US\$ 350.000$$

Consideramos que a manutenção anual seja 5% (0,05) do capital e que em 20 anos a inflação é de 6% (0,06) ao ano e a taxa de juros é de 8% (0,08) ao ano.

Então a manutenção e operação anual será:

$$0,05 \times US\$ 350.000 = US\$ 17.500/\text{ano}$$

Ao longo de 20 anos teremos:

$$E = \frac{\{[(1+r)/(1+i)]^n - 1\}}{(r-i)}$$

$r=0,06$

$i=0,08$

$n=20$ anos

$$E = \frac{\{[(1+0,06)/(1+0,08)]^{20} - 1\}}{(0,06 - 0,08)}$$

$$E=15,6$$

$$P = C_{OM} \times E$$

$$P = US\$ 17.500/\text{ano} \times 15,6 = US\$ 272.925$$

Somando o capital da construção+ valor presente da manutenção e operação teremos:

Custo da construção= US\$ 350.000

Valor presente da manutenção e operação em 20anos=US\$ 272.925

$$US\$ 350.000 + US\$ 272.925 = US\$ 622.925$$

$$US\$ 622.925/10.000m^3 = US\$ 62,3/m^3$$

52.9 Manutenção e Operação

Segundo Peter Stahre e Ben Urbonas, 1990 devem ser discutidos nos projetos os seguintes tópicos:

- Inspeção geral e manutenção;
- Algas e plantas aquáticas;
- Sedimentos;
- Lixos flutuantes e poluentes;
- Limpeza geral e
- Erosão.

As algas e outras plantas aquáticas ocorrem em lagoas de retenção alagadas onde existe um reservatório permanente. É praticamente impossível prevenir o crescimento de algas em meio urbano e a eliminação das mesmas.

As algas em excesso podem causar odor e problemas estéticos.

Para o Brasil não devemos esquecer os problemas com a dengue e com mosquitos.

Segundo Schueler, 1992 in EPA o custo anual de manutenção de uma lagoa seca ou alagada varia de 3% a 5% do custo da obra. A remoção de sedimentos como areia, resíduos, terra etc, deverão ser feitos por equipamentos. Os transportes dos materiais deverão ser conduzidos a aterros sanitários.

Tucci, 2001 cita que o custo anual de manutenção é aproximadamente de 2% do custo da obra.

Em Santo André, cidade localizada na Região Metropolitana de São Paulo o Serviço de Saneamento Ambiental de Santo André (SEMASA) opera alguns reservatórios de retenção desde 1999.

O reservatório de retenção do ribeirão dos Meninos, denominado AM3 tem área de 510ha, volume de 120.000m³ e até setembro de 2002, o volume de sedimentos retirados foi de 6,7 m³/ ha/ano.

O custo para limpeza a cada três meses das grades e da retirada de sedimentos, principalmente nos meses de abril e outubro é de 1US\$/m³, não estando incluso: pessoal de vigilância do reservatório e custo no aterro sanitário. Estima-se o custo global de US\$ 4/m³ que é aproximadamente 10% do custo por m³ do reservatório de retenção.

O custo de uma lagoa de retenção segundo o *Center for Watershed Protection*, 1990 que se refere a *Costs and Benefits of Stormwater BMPs*, varia de US\$ 17,50/m³ a US\$ 35,00/m³, que é o valor aproximado dos custos obtidos na Região Metropolitana de São Paulo de US\$ 34,00/m³ conforme Tomaz, 2002.

Quanto ao lixo das ruas que vai para os córregos, rios e reservatórios de retenção, são da ordem de 5% do total coletado, conforme Tucci, 2001.

É muito discutido nos Estados Unidos se uma lagoa de retenção alagada valoriza ou não o imóvel. Tudo indica que se há uma boa manutenção, segurança da lagoa, haverá uma valorização do imóvel que poderá chegar até 28%, concluído em 1992 pela *National Association of Home Builders* (*EPA 841-S-95-002 de setembro de 1995*). Entretanto, uma péssima manutenção e operação, que coloca em risco a vida, saúde e segurança das pessoas das vizinhas, irão desvalorizar as propriedades.



Figura 52.3 -Exemplo de lagoa de retenção.

Fonte: Raleigh, USA. Neste caso, a lagoa valorizou os imóveis.

Tabela 52.11- Custo de manutenção anual das BMPs

Tipo de BMP	Custo manutenção anual (%)	
	ASCE, 1998	Minnesota, 2005
Bacia de retenção e <i>Wetland</i>	3 a 6%	---
Bacia de detenção	<1%	1,8% a 14,1%
Trincheira de infiltração	5 a 20	5,1% a 126%
Bacia de infiltração (Livingston, 1997)	1 a 3%	
Bacia de infiltração (Schueler, 1987)	5 a 10%	2,8% a 4,9%
Filtro de areia	11 a 13%	0,9% a 9,5%
Bio-retenção	5 a 7%	0,7% a 10,9%
Vala gramada	5 a 7%	
Faixa de filtro gramada (<i>filter strip</i>)	US\$ 800/ha	---
Bacia de retenção	-----	1,9% a 10,2%

Tabela 52.12- Preços de operação e manutenção de BMP

Tipo de manutenção	Intervalo de manutenção (anos)	Unidade	Custo US\$
Remoção de lixo	1	ha	1500
Corte de grama	**	ha	188
Controle de gramíneas	1	ha	1875
Manutenção de vegetação aquática na beira da lagoa	*	ha	2625
Manutenção de vegetação aquática perto da lagoa	5	ha	750
Remoção de sedimento	5	m ³	11
Remoção de sedimento com caminhão a vácuo, <i>filter strip</i> , <i>vaia gramada</i>	*	m ³	90
Remoção manual de sedimentos (caixa de óleo, filtro de areia)	*	m ³	90
Testes de sedimentos em laboratório	*	m ³	274
Disposição de sedimentos em aterro sanitário	*		225
Disposição de sedimentos próximo a lagoa	*	m ³	4
Inspeção das estruturas de entrada e saída	1	m ³	75
Limpeza de tubos perfurados	5	m	1
Limpeza de tubos perfurados radial	5	m	2
Limpeza do fundo da bacia de infiltração	2	ha	2100
* Neste caso a frequência depende do tipo e do volume			
** Frequência de 1 ou 2 vezes por ano			

Fonte: Canadá, 1998

A Figura 12 de Minnesota, 2005 mostra que os custos de manutenção e operação de um reservatório de detenção seco ou estendido varia de acordo com o custo total da construção. Quanto maior for o custo menor a porcentagem. Para um custo de US\$ 60.000 teremos 2,6% do custo da obra para manutenção. Para o custo da obra de US\$ 200.000 o custo de manutenção e operação anual será de 1,8% do custo da obra.

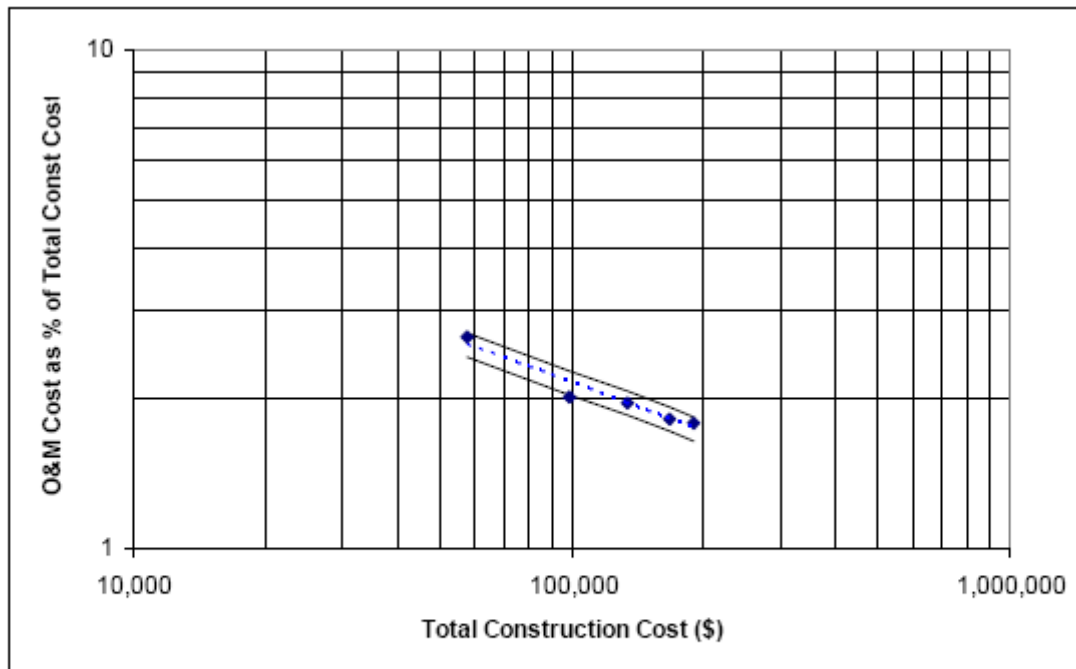


Figure 12. Annual O&M costs of dry detention basins.

(Data from Landphair, *et al*, 2000)

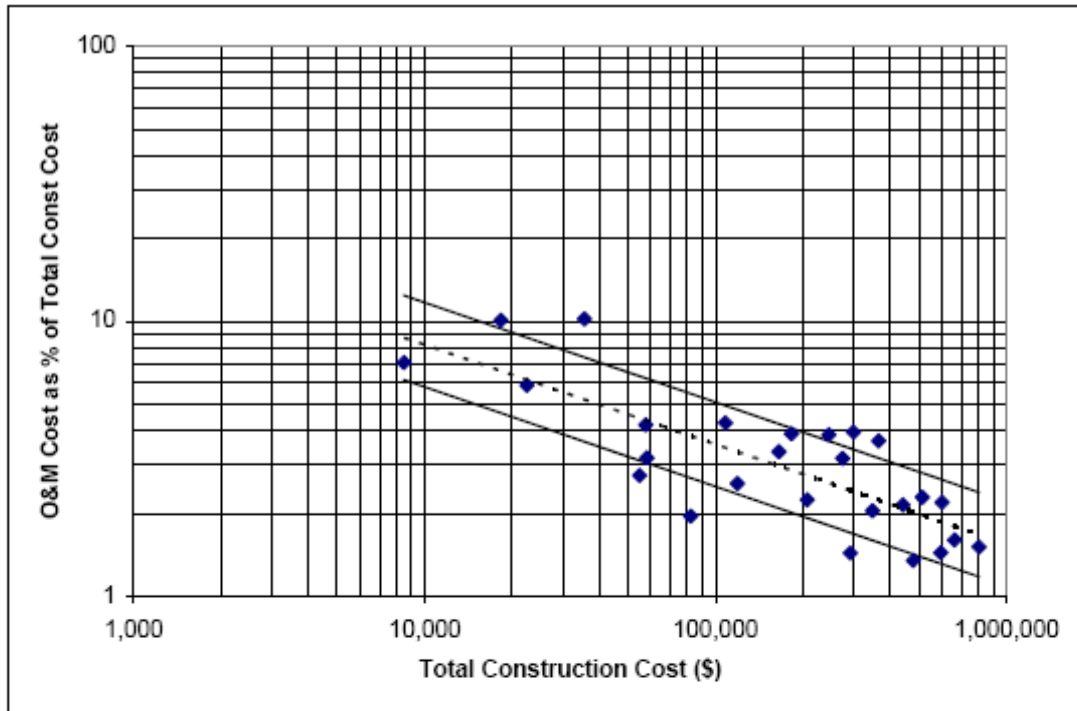


Figure 13. Annual O&M costs of wet basins.
(Data from SWRPC, 1991; Wossink and Hunt, 2003)

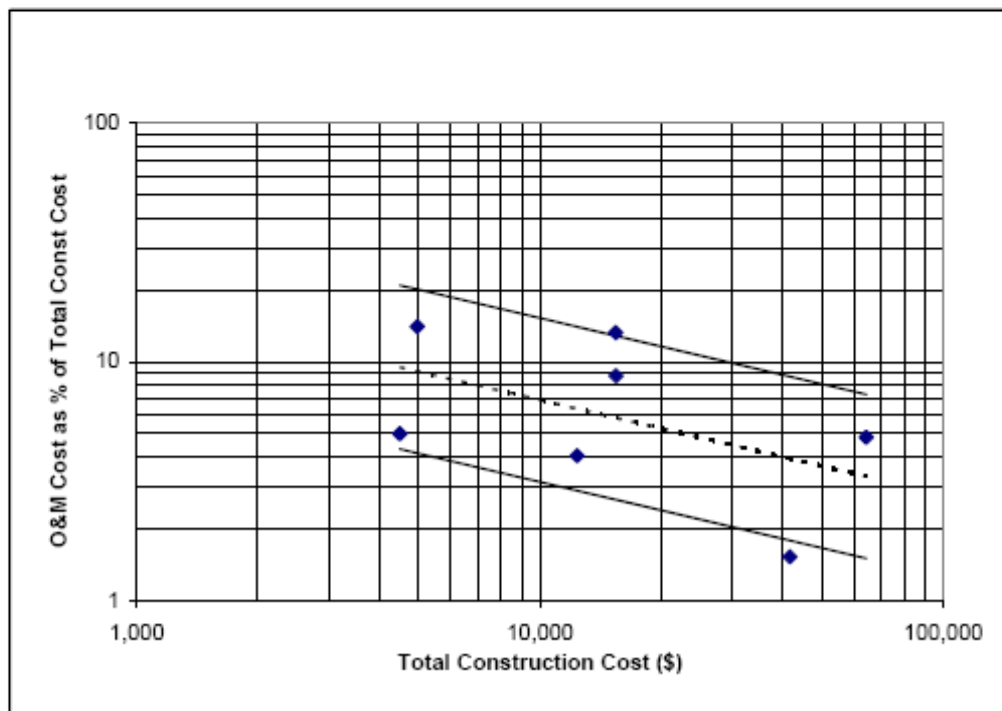


Figure 14. Annual O&M costs of constructed wetlands.

(Data from Wossink and Hunt, 2003)

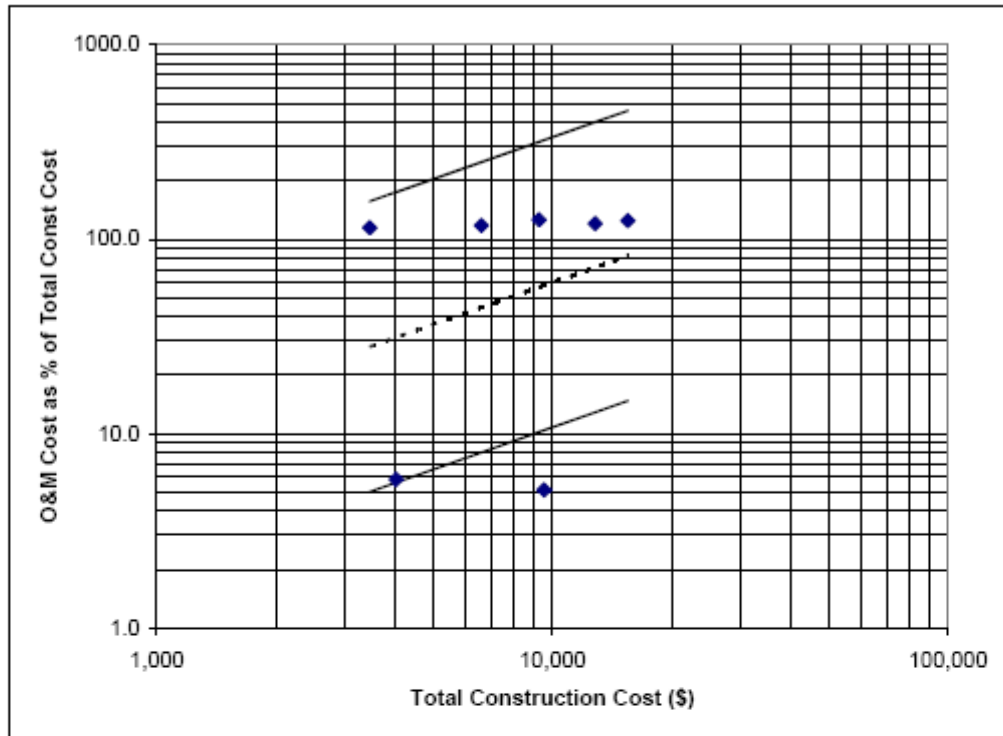


Figure 15. Annual O&M costs of infiltration trenches.

(Data from SWRPC, 1991; Landphair, *et al*, 2000)

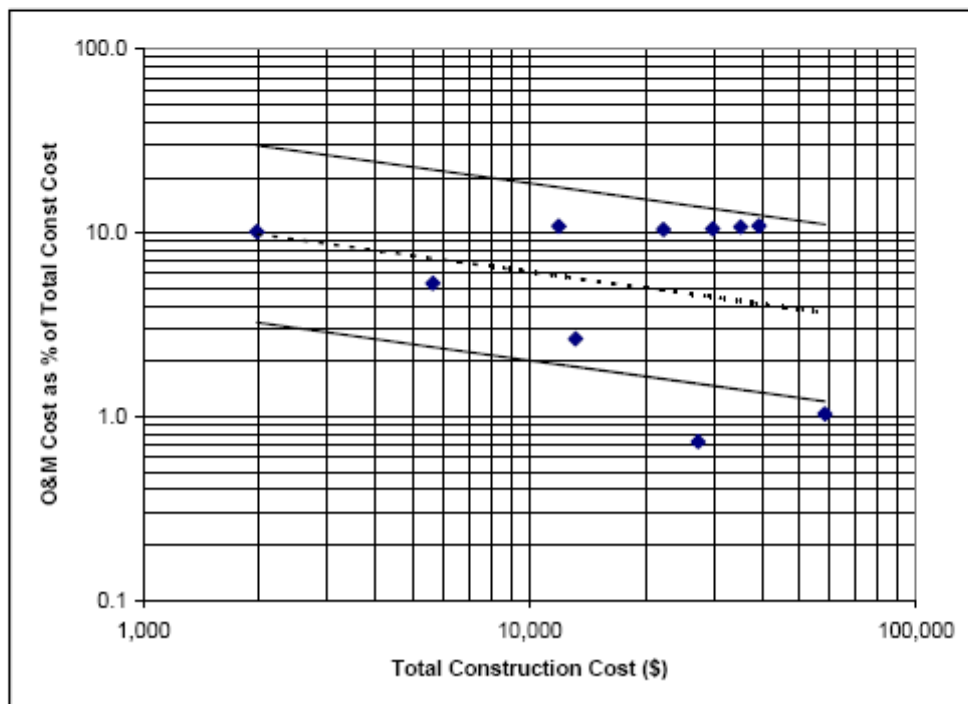


Figure 16. Annual O&M costs of bioinfiltration filters.

(Data from Landphair, *et al*, 2000; Wossink and Hunt, 2003)

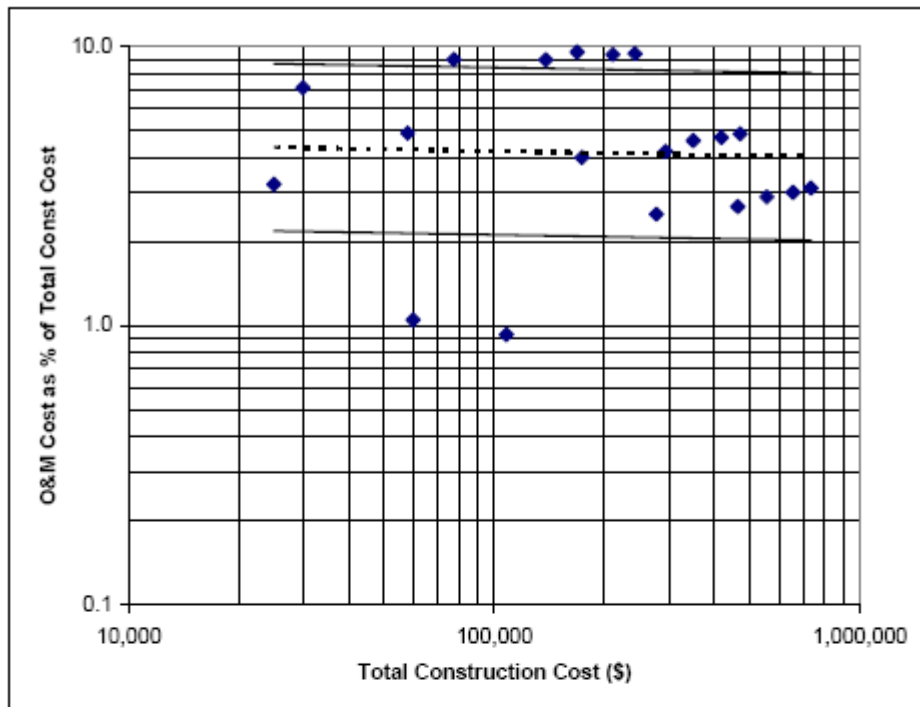


Figure 17. Annual O&M costs of sand filters.

(Data from Landphair, *et al*, 2000; Wossink and Hunt, 2003)

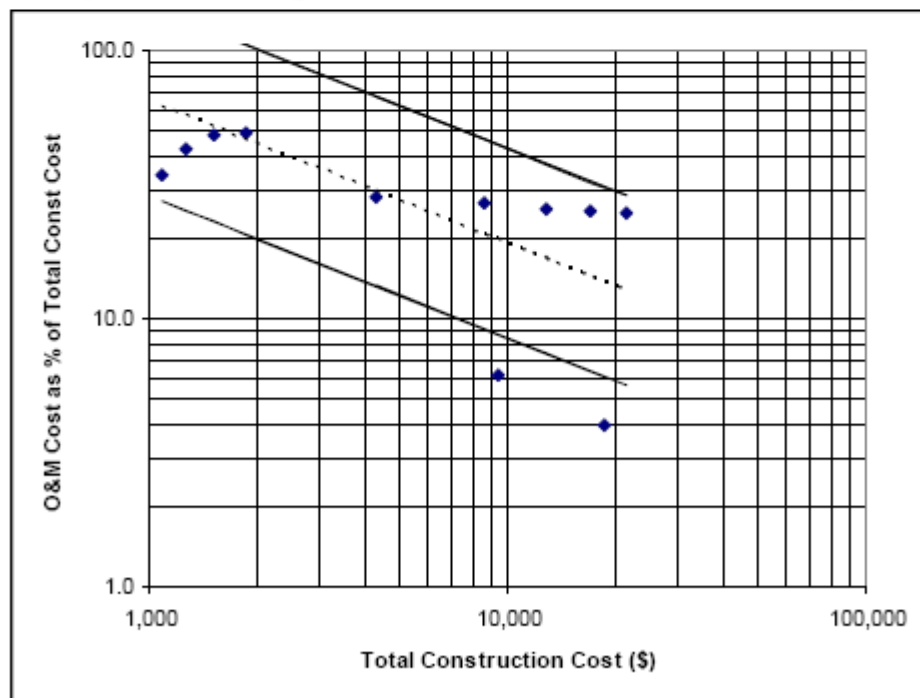


Figure 18. Annual O&M costs of grassed/vegetative swales.

(Data from Landphair, *et al*, 2000; SWRPC, 1991)

52.10 Custos de construção das BMPs

Os custos de construção das BMPs estão na Tabela (52.13) e (52.14) e **não incluem o custo do pré-tratamento e custo das terras.**

Tabela 52.13- Custo típico de construção das BMPs

Tipo de BMP	Custo Típico US\$ /m ³
Reservatório de detenção seca, estendido ou retenção	18 a 35
Bacia de infiltração	46
Bioretenção	187
Faixa de filtro gramada (<i>filter strip</i>)	0 a 46
Filtro de areia	106 a 212
Trincheira de infiltração	141
Vala gramada	18
<i>Wetland</i> (alagadiço)	21 a 44

Fonte: ASCE, 1998 com data base de 1997

Tabela 52.13B- Faixa de preços de BMPs do SUDS de 2004 em dólares americanos CIRIA, 2007

BMP ↓	Variação de custo		Unidade
	US\$	US\$	
Filtro dreno	150	210	US\$/m3 de volume armazenado
Trincheira de infiltração	83	98	US\$/m3 de volume armazenado
<i>Soakaway</i> (infiltração de água de chuva de telhado em trincheira de Infiltração)		>150	US\$/m3 de volume armazenado
Pavimento permeável	45	60	US\$/m2 superfície permeável
Bacia de infiltração	15	23	US\$/m3 de volume detido
Bacia de detenção	23	30	US\$/m3 de volume detido
<i>Wetland</i>	38	45	US\$/m3 de volume tratado
Bacia de retenção	23	38	US\$/m3 de volume tratado
Vala gramada	15	23	US\$/m2 de área da vala gramada
Faixa de filtro gramada	3	6	US\$/m2 de área da faixa de filtro gramado

Fonte: CIRIA, 2007 1Libra=1,5 US\$

Tabela 52.13C- Faixa de custo de manutenção e operação de BMPs do SUDS de 2004 em dólares americanos

BMP	Variação de custo		Unidade
	US\$	US\$	
Filtro dreno/ trincheira de infiltração	0,3	1,5	US\$/m2 de superfície do filtro ou trincheira
Vala gramada	0	0,15	US\$/m2 de superfície da vala gramada
Faixa de filtro gramado	0	0,15	US\$/m2 de área de filtro gramada
<i>Soakaway</i> (Infiltração de água de chuva do telhado em trincheira de infiltração)	0	0,15	US\$/m2 de área tratada
Pavimento permeável	0,75	1,5	US\$/m3 de volume armazenado
Bacia de detenção/ bacia de infiltração	0,15	0,45	US\$/m2 de área da bacia de detenção
<i>Wetland</i>	0	0,15	US\$/m2 da superfície da área da <i>wetland</i>
Bacia de retenção	0,75	2,25	US\$/m2 de área da superfície da bacia de retenção

Fonte: CIRIA, 2007

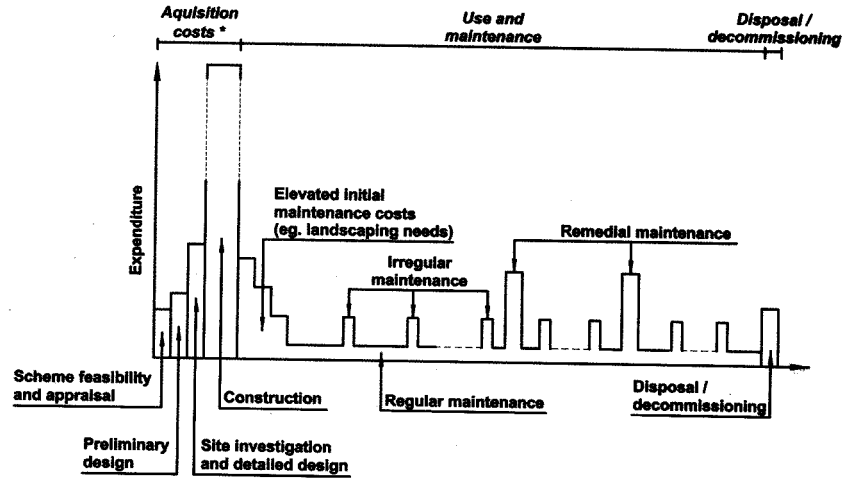


Figura 52.1- Esquema conceitual do custo do SUDS conforme CIRIA, 2007.
 Notar que temos manutenção regular e manutenção irregular e manutenção para remediação.

Tabela 52.14- Custos típicos de obras estruturais das BMPs

Tipo de BMP	Unidade	Custo em US\$		Manutenção e operação
		mínimo	máximo	
Bacia de retenção seca	m ³	18	36	Anual de 3% a 6% do custo inicial
Trincheira de infiltração	m ³	89	261	3% a 20% do custo inicial de 5anos a 15anos
Pavimento poroso de concreto	m ²	5	22	Anual de 5% do custo inicial
Faixa de filtro gramada	m ²	0	14	Anual de US\$250/ha a US\$ 3500/ha
Vala gramada	m ²	6	17	Anualmente 5% a 7% do custo inicial
Bacia de detenção seca	m ³	18	36	Anual de 1% a 5% do custo inicial
Bacia de detenção molhada	m ³	18	36	Anual de 3% a 5% do custo inicial
Wetlands artificiais	m ³	2	36	Anual de 1% a 5% do custo inicial
Estruturas de entrada	unidade	1100	3000	US\$ 7,5/ unidade a US\$ 90/unidade por ano
Estruturas de separação das águas	unidade	2300	40000	Custo menor que US\$ 1000/ano
Tratamento químico	hectare	790		Anualmente de US\$ 250/ha da área de drenagem

Fonte: BMP for South Florida Urban Stormwater Management Systems, abril 2002.

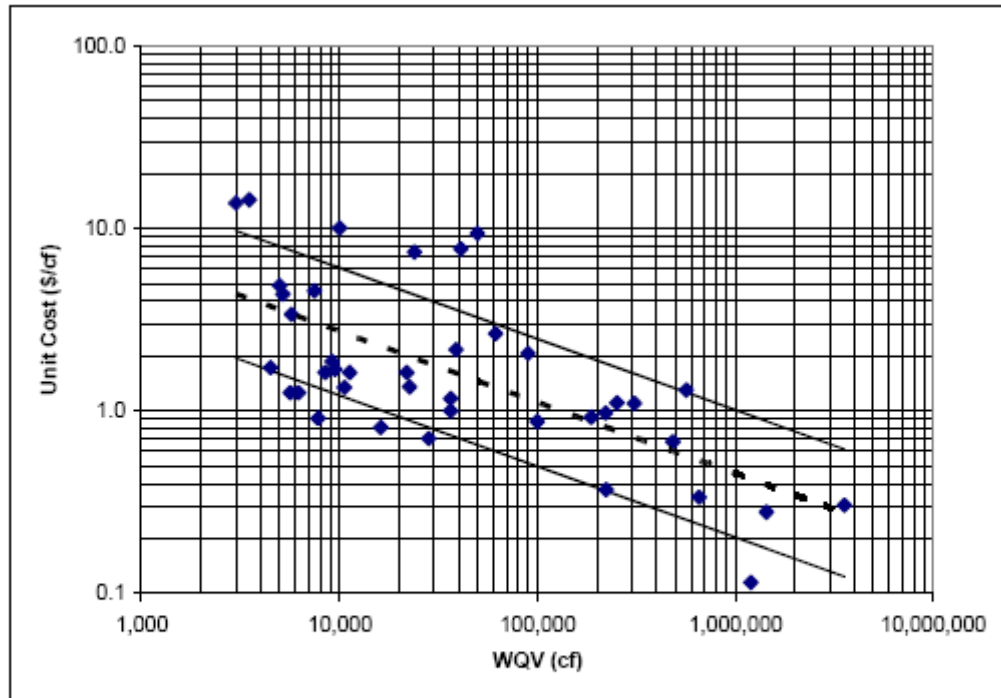


Figure 5. Unit construction costs of dry detention basins.

(Data from Brown and Schueler, 1997; ASCE, 2004; Caltrans, 2004)

A Figura 20 do Minnesota, 2005 mostra que o custo em US\$/ft³ varia conforme o volume WQv.

Quanto maior for o volume WQv menor será o custo unitário. Como exemplo o custo de WQv=100.000 ft³= 2.830m³ o custo médio será US\$ 1,1/ft³=US\$ 39/m³ variando no intervalo de confiança de 67% entre 2,6/ft³= US\$ 92/m³ a 0,5/ft³=US\$ 18/m³.

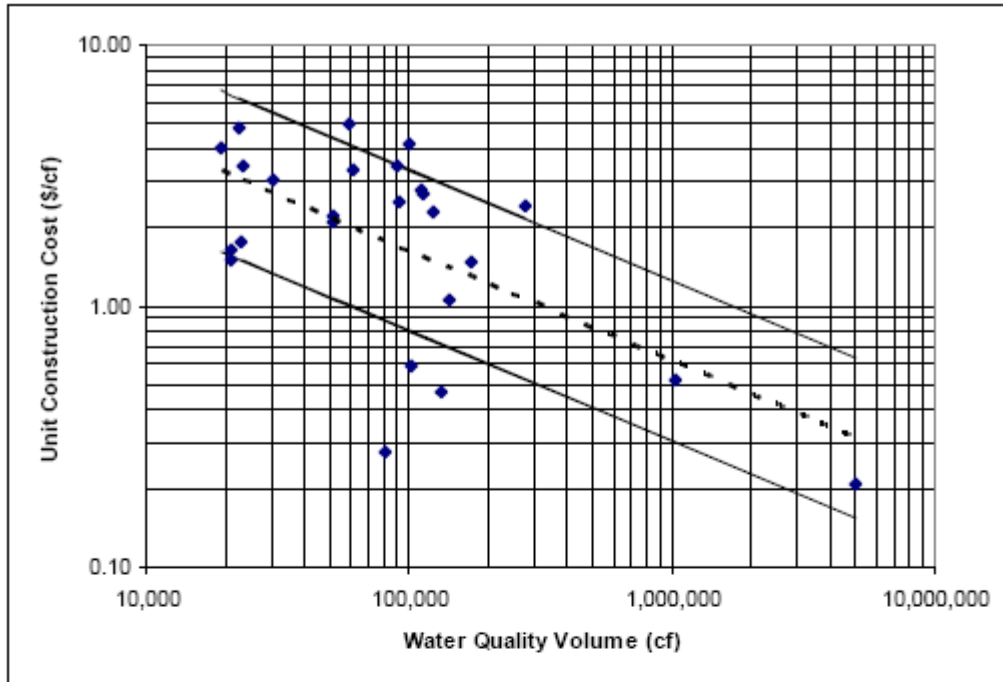


Figure 6. Unit construction costs of wet basins.
(Data from Brown and Schueler, 1997; Caltrans, 2004)

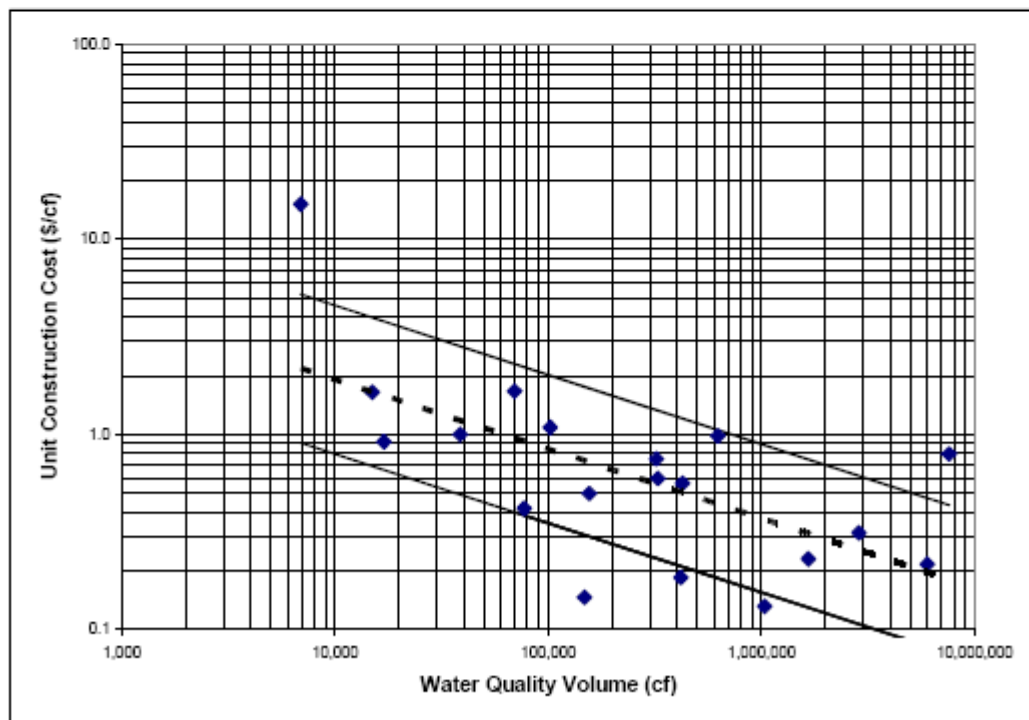


Figure 7. Unit construction costs of constructed wetlands.
(Data from Brown and Schueler, 1997, Caltrans, 2004; ASCE, 2004)

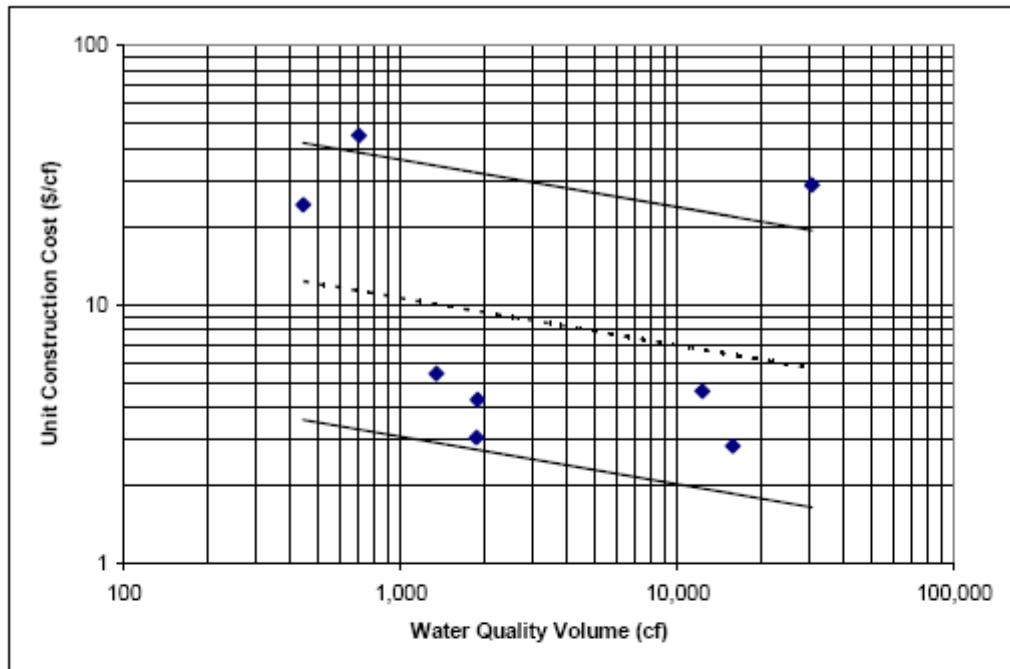


Figure 8. Unit construction costs of infiltration trenches.
(Data from Caltrans, 2004)

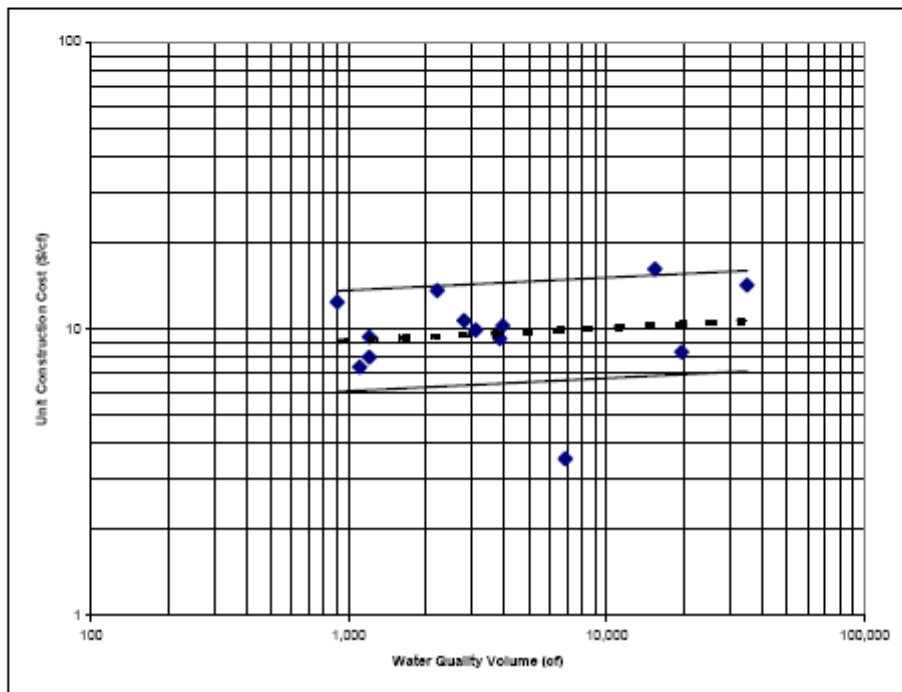


Figure 9. Unit construction costs of bioinfiltration filters.

(Data from Brown and Schueler, 1997; Caltrans, 2004)

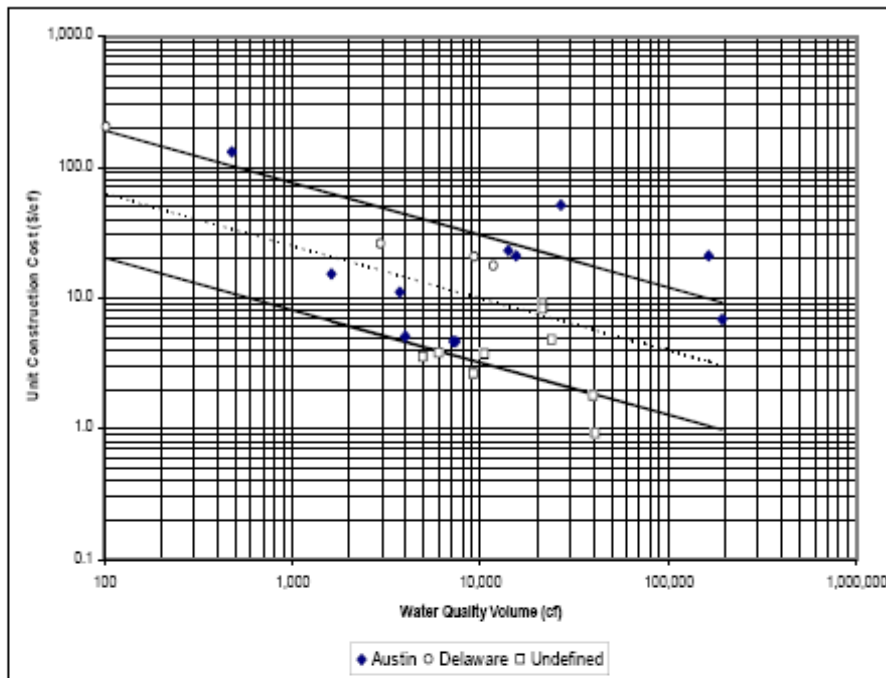


Figure 10. Unit construction costs of sand filters.

(Data from Brown and Schueler, 1997; Caltrans, 2004)

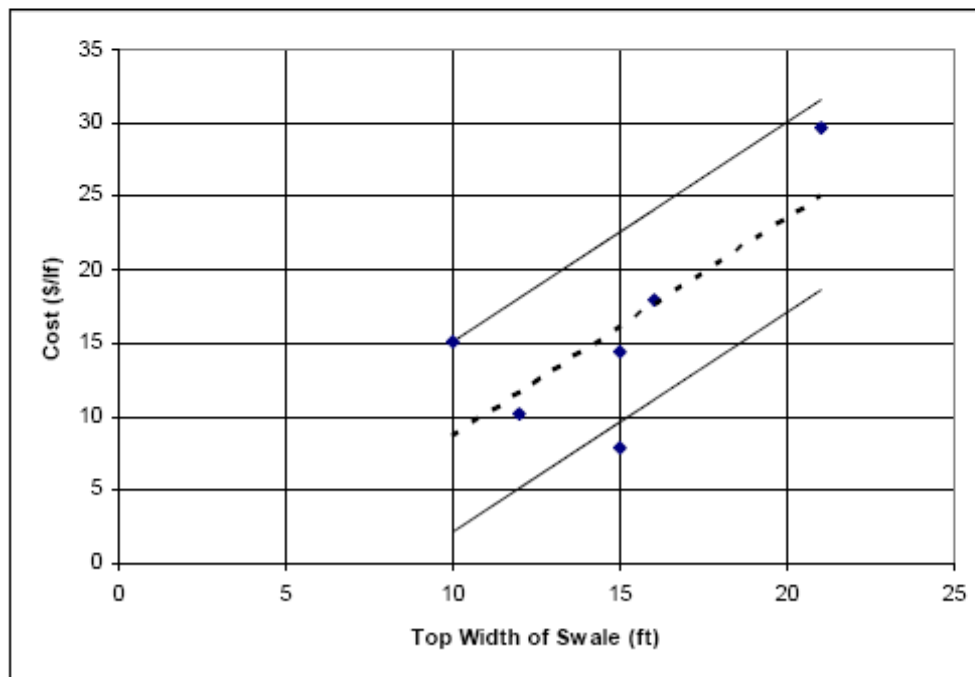


Figure 11. Unit construction costs of grassed/vegetative swales.

(Data from SWRPC, 1991)

52.11 Método Simples de Schueler

Schueler em 1987 apresentou um método empírico denominado “Método Simples” para estimar o transporte de poluição difusa *urbana* em uma determinada área.

O método foi obtido através de exaustivos estudos na área do Distrito de Washington nos Estados Unidos chamado *National Urban Runoff Program (NURP)* bem como com dados da EPA, conforme AKAN, (1993).

AKAN, (1993) salienta que os estudos valem para áreas menores que 256ha e que é usado cargas anuais.

Para achar a carga anual de poluente usamos a seguinte equação:

$$L=0,01 \times P \times P_j \times R_v \times C \times A$$

Sendo:

L= carga do poluente anual (kg/ano)

P= precipitação média anual (mm)

P_j= fração da chuva que produz *runoff*. P_j=0,9 (normalmente adotado)

R_v= *runoff* volumétrico obtido por análise de regressão linear.

R_v= 0,05 + 0,009 x AI (R²=0,71 N=47)

AI= área impermeável (%).

A= área (ha) sendo A ≤ 256ha

C= concentração média da carga do poluente nas águas pluviais da (mg/L)

Podemos aplicar o Método de Schueler para período de 20anos e então multiplicaremos o valor de L obtido para um ano por 20anos.

$$L_{20}= 20 \times 0,01 \times P \times P_j \times R_v \times C \times A$$

Portanto, o valor da precipitação adotada P é para uma estimativa de 20anos, assim como as outras variáveis.

Como estimamos que 90% das precipitações serão tratadas pelas BMPs então teremos que multiplicar o L₂₀ por 0,90.

$$L_{20}= L_{20} \times 0,9$$

Uma média muitas vezes usadas de TSS de entrada numa BMP é **131mg/L ± 77 mg/L** para intervalo de confiança de 67% conforme Minnesota, 2005.

Para o fósforo é adotado **0,55mg/L ± 0,41mg/L** também para intervalo de confiança de 67%.

Exemplo 52.3

Em uma bacia de detenção estendida calcular a quantidade de TSS e fósforo tratada durante 20anos num local que a precipitação média anual é 1500mm e a área tem R_v=0,60, P_j=0,90 e A=20ha TSS=131mg/L. e 0,55mg/L de fósforo.

Para o TSS

$$L_{20}=20 \times 0,01 \times P \times P_j \times R_v \times C \times A$$

$$L_{20}=20 \times 0,01 \times 1500\text{mm} \times 0,9 \times 0,60 \times 131\text{mg/L} \times 20\text{ha} = 424.440 \text{ kg}$$

Considerando que 84,7% das águas pluviais são tratadas e 15,3% não são tratadas, isto é, vão direta para os rios e córregos teremos:

$$L_{20}= 424.440\text{kg} \times 0,847 = 359.501 \text{ kg}$$

Como a bacia de detenção estendida somente é removido 53% do TSS com intervalo de confiança ±28% com 67% de probabilidade teremos:

$$\text{Volume retido em 20anos de TSS} = 359.501 \text{ kg} \times 0,53 = 190.536\text{kg} \pm 53.350\text{kg}$$

Portanto, o reservatório de detenção estendido reterá **190.536kg ± 53.350kg** de TSS durante 20anos.

Para o fósforo

$$L_{20}=20 \times 0,01 \times P \times P_j \times R_v \times C \times A$$

$$L_{20}=20 \times 0,01 \times 1500\text{mm} \times 0,9 \times 0,60 \times 0,55\text{mg/L} \times 20\text{ha}= 1.782 \text{ kg}$$

Considerando que 84,7% das águas pluviais são tratadas e 15,3% não são tratadas, isto é, vão direta para os rios e córregos teremos:

$$L_{20}= 1.782\text{kg} \times 0,847= 1.509 \text{ kg}$$

Como a bacia de detenção estendida somente é removido 25% do fósforo com intervalo de confiança $\pm 15\%$ com 67% de probabilidade teremos:

$$\text{Volume retido em 20anos de TSS}= 1.509 \text{ kg} \times 0,25=377\text{kg} \pm 57\text{kg}$$

Portanto, o reservatório de detenção estendido reterá 377kg \pm 57kg de fósforo durante 20anos.

52.12 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 (52.1) e (52.2) para achar o volume WQ_v .

$$R_v= 0,05 + 0,009 \cdot AI \quad \text{(Equação 52.1)}$$

$$WQ_v= (P/1000) \cdot R_v \cdot A \quad \text{(Equação 52.2)}$$

Sendo:

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

AI= área impermeável da bacia em percentagem sendo $AI \geq 25\%$;

A= área da bacia em m^2 sendo $A \leq 100\text{ha}$ (1km^2)

P= precipitação adotada (mm) sendo $P \geq 13\text{mm}$. Adotamos $P=25\text{mm}$ para a RMSP.

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

52.13 Remoção média de poluentes nas BMPs

A remoção é calculada pela queda da concentração do afluente e a concentração do efluente das águas pluviais.

Conforme Minnesota, 2005 a média da remoção de TSS e de fósforo P com o intervalo de confiança de 67% está na Tabela (52.15).

Tabela 52.15- Média de remoção de TSS e P com intervalo de confiança de 67%.

BMP	% TSS (remoção)	TSS (intervalo de Confiança 67%)	%P (remoção)	P (intervalo de Confiança 67%)
Bacia de detenção estendida	53	±28	25	±15
Bacia de retenção	65	±32	52	±23
<i>Wetland</i>	68	±25	42	±26
Biofiltro	90*	±10*	72	11
Filtro de areia	82	±14	46	±21
Trincheira de infiltração	75*	±10	55*	±35
Faixa de filtro gramada	75	±20	41	±33

(*) Estimativa

Na Tabela (52.15) podemos ver, por exemplo, que uma bacia de detenção estendida tem média de remoção de sólidos totais em suspensão (TSS) de 53% com variação para mais e para menos de 28%, podendo chegar a 25% 81% com 67% de probabilidade.

O mesmo acontece com o fósforo que tem média de remoção de 25% com variação de 10% a 40% com 67% de probabilidade.

As Tabela (52.16) e (52.17) mostram a taxa de redução em diversas BMPs.

Tabela 52.16 - Taxa de redução de diversas BMPs segundo New Jersey, 2004.

<i>Best Management Practices</i> (BMP)	Redução de TSS (sólidos totais em suspensão)
Bacia de Bio-retenção	90%
<i>Wetland</i> artificial	90%
Bacia de detenção estendida	40% a 60%
Bacia de Infiltração	80%
Sistemas de tratamento manufaturados	Consultar o fabricante
Pavimento poroso	Até 80%
Filtro de areia	80%
Canal gramado	60% a 80%
Bacia alagada	50% a 90%

Fonte: NJ, 2004

Tabela 52.17-Taxa de redução de fósforo e nitrogênio de diversas BMPs, segundo New Jersey, 2004.

Best Management Practice (BMP)	Remoção de fósforo total (PT) (%)	Remoção de nitrogênio total (%)
Bacia de Bio-retenção	60	30
Wetland artificial	50	30
Bacia de detenção estendida	20	20
Bacia de Infiltração	60	50
Sistemas de tratamento manufaturados	Consultar fabricante	Consultar fabricante
Pavimento poroso	60	50
Filtro de areia	50	35
Canal gramado	30	30
Bacia alagada	50	30

Fonte: NJ, 2004

Na Figura 27 do Minnesota, 2005 para reservatório de detenção seco ou estendido temos a estimativa de TSS em 20anos no intervalo de confiança de 67%.

Assim para um reservatório WQv com $100.000\text{ft}^3 = 2.830\text{m}^3$ teremos uma média de $180.000\text{lb} = 81.000\text{kg}$ em 20 anos e cujo valor maior é $250.000\text{lb} = 112.500\text{kg}$ e o valor menor é $50.000\text{lb} = 22.500\text{kg}$.

Na Figura 33 do Minnesota, 2005 para reservatório de detenção seco ou estendido temos a estimativa de fósforo P em 20anos no intervalo de confiança de 67%.

Assim para um reservatório WQv com $100.000\text{ft}^3 = 2.830\text{m}^3$ teremos uma média de $300\text{lb} = 135\text{kg}$ em 20 anos e cujo valor maior é $700\text{lb} = 315\text{kg}$ e o valor menor é $40\text{lb} = 18\text{kg}$.

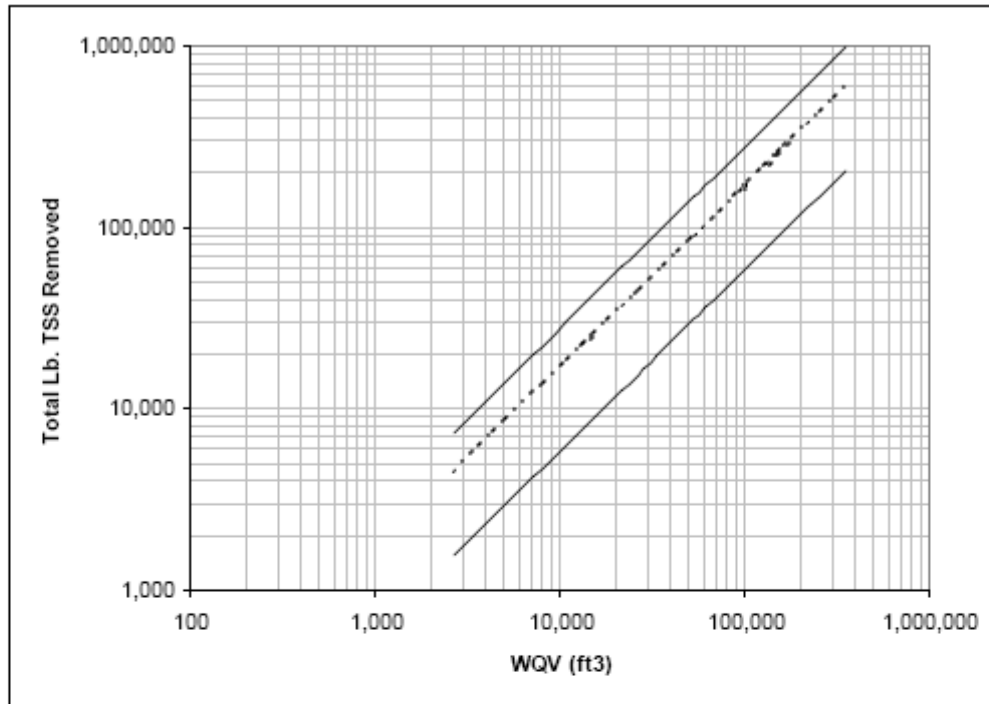


Figure 27. Estimated TSS removed in 20 years for dry detention basins with the 67% CI

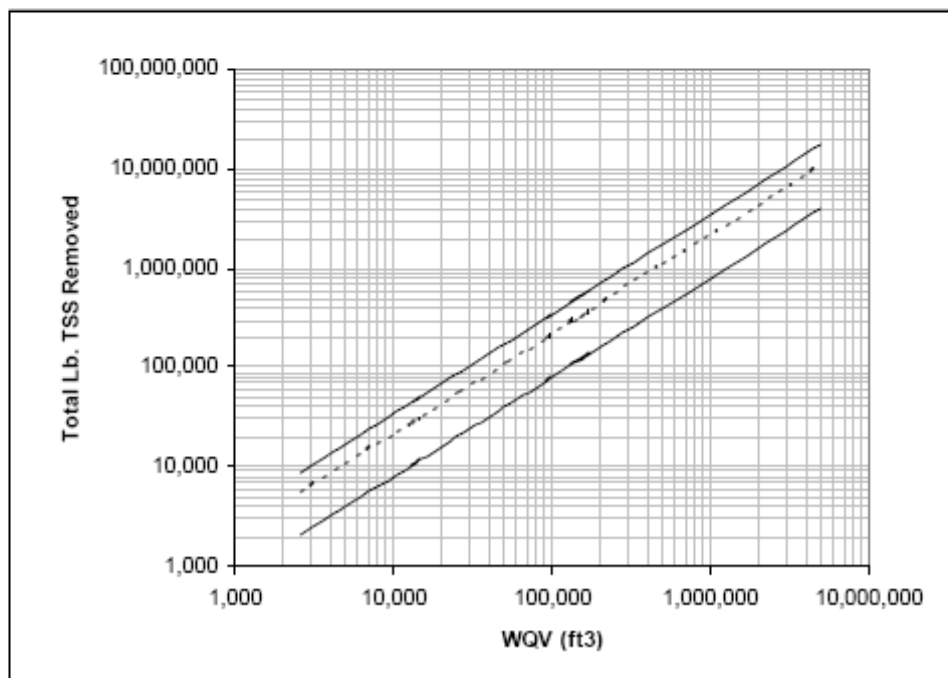


Figure 28. Estimated TSS removed in 20 years for wet basins with the 67% CI.

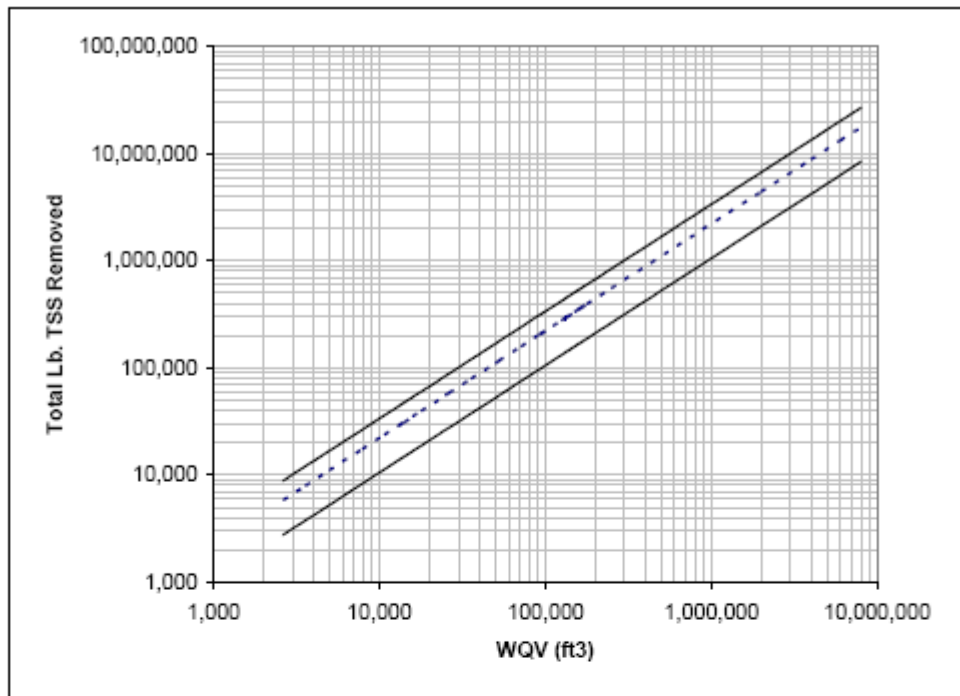


Figure 29. Estimated TSS removed in 20 years for constructed wetlands with the 67% CI.

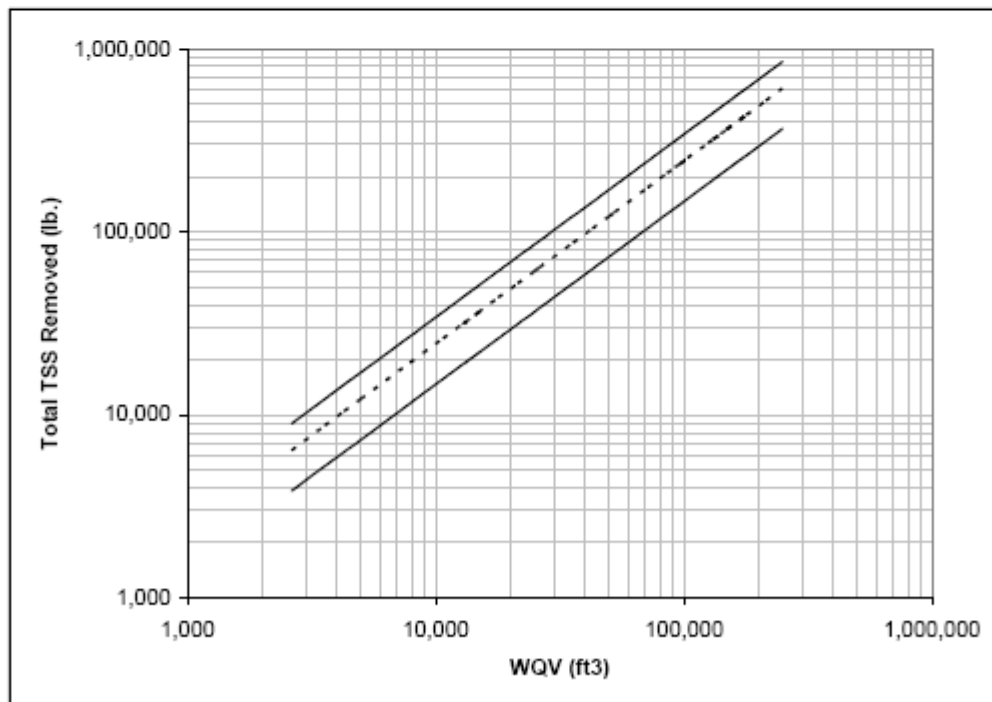


Figure 30. Estimated TSS removed in 20 years for infiltration trenches with the 67% CI.

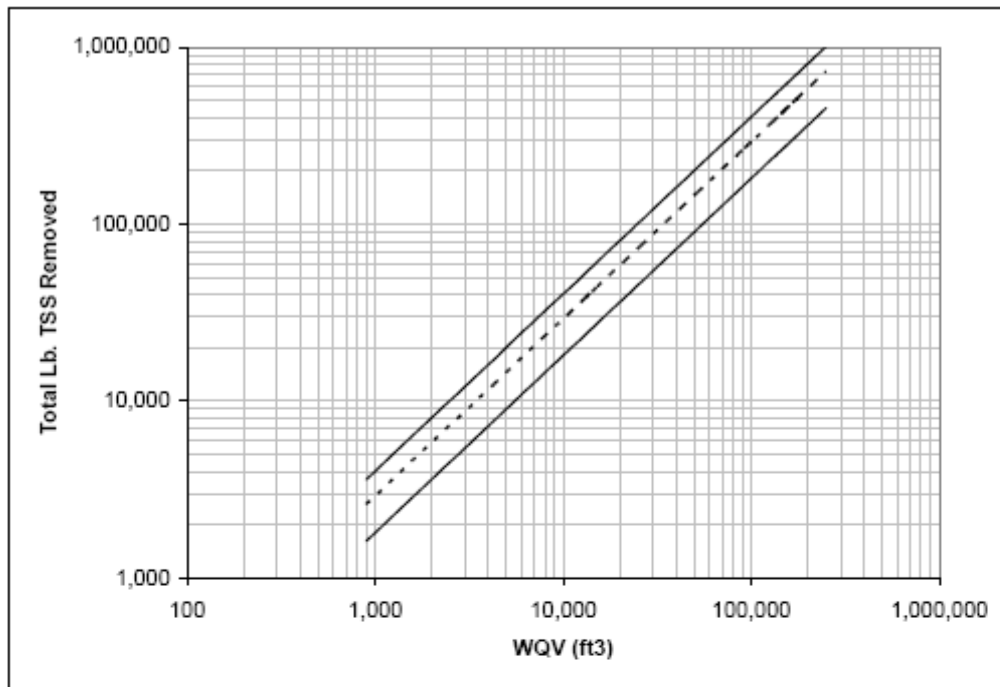


Figure 31. Estimated TSS removed in 20 years for bioinfiltration filters with the 67% CI.

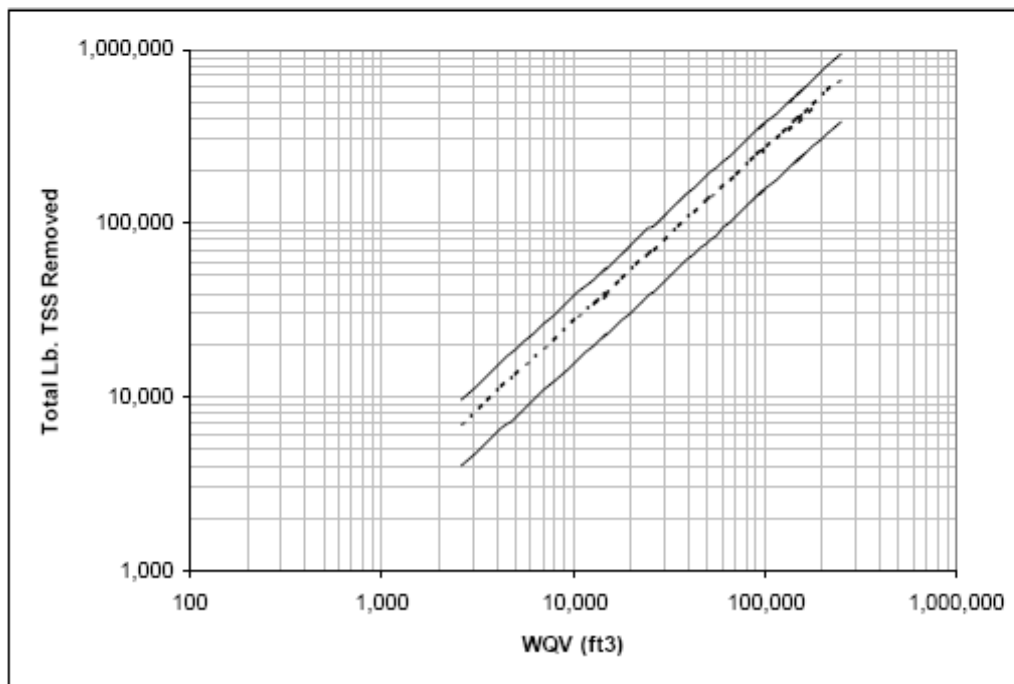


Figure 32. Estimated TSS removed in 20 years for sand filters with the 67% CI.

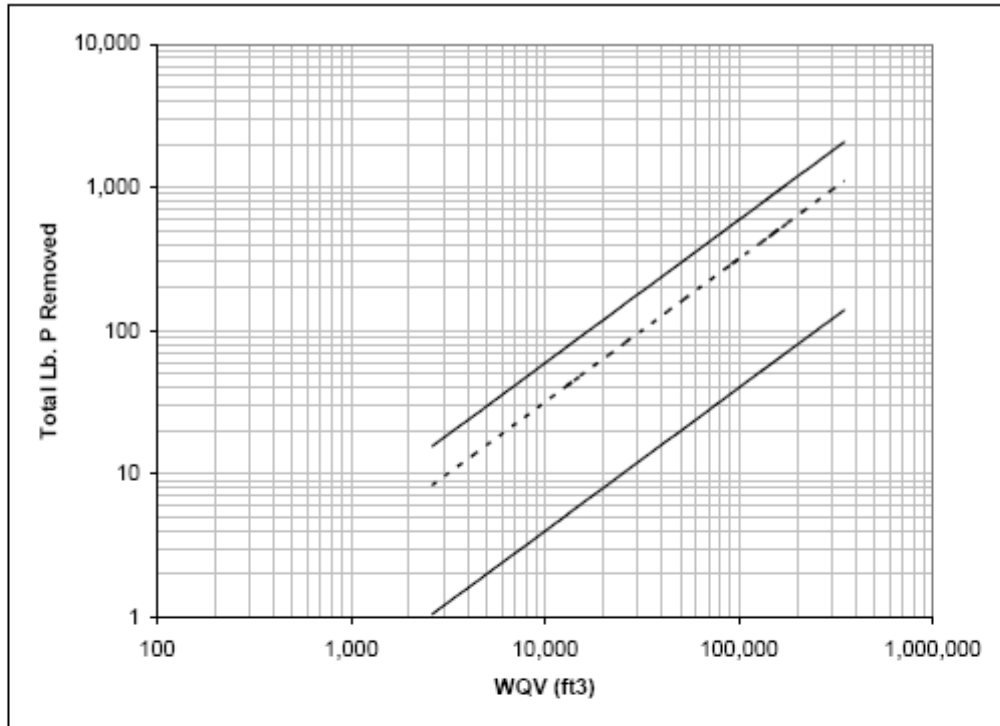


Figure 33. Estimated P removed in 20 years for dry detention basins with the 67% CI.

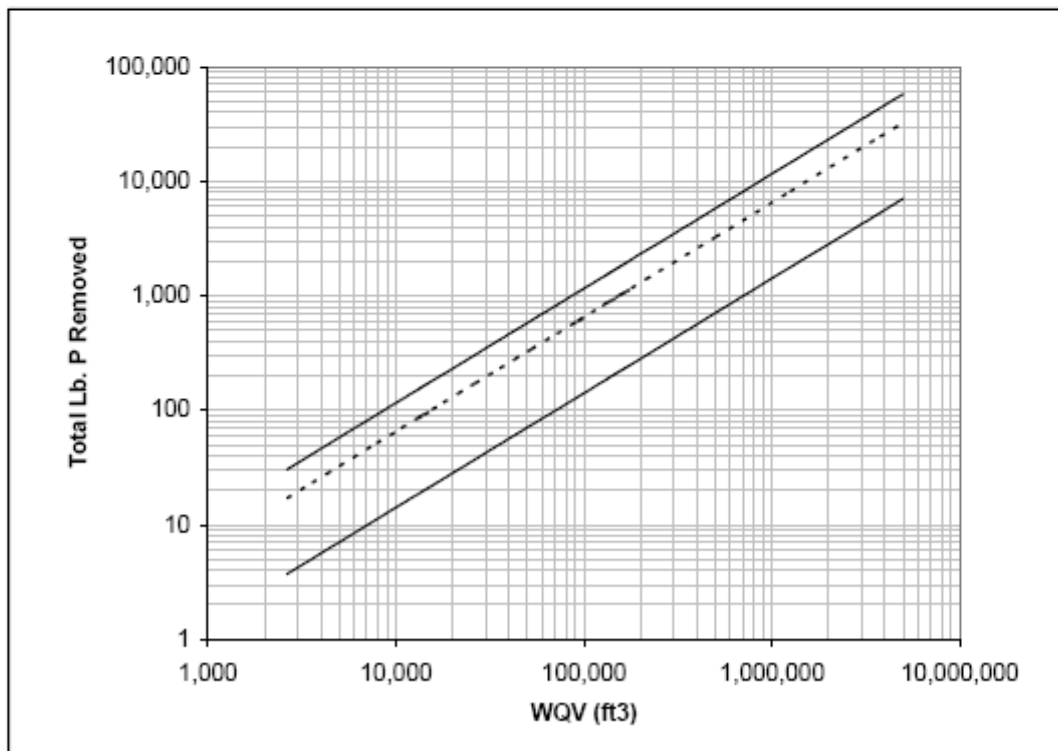


Figure 34. Estimated P removed in 20 years for wet basins with the 67% CI.

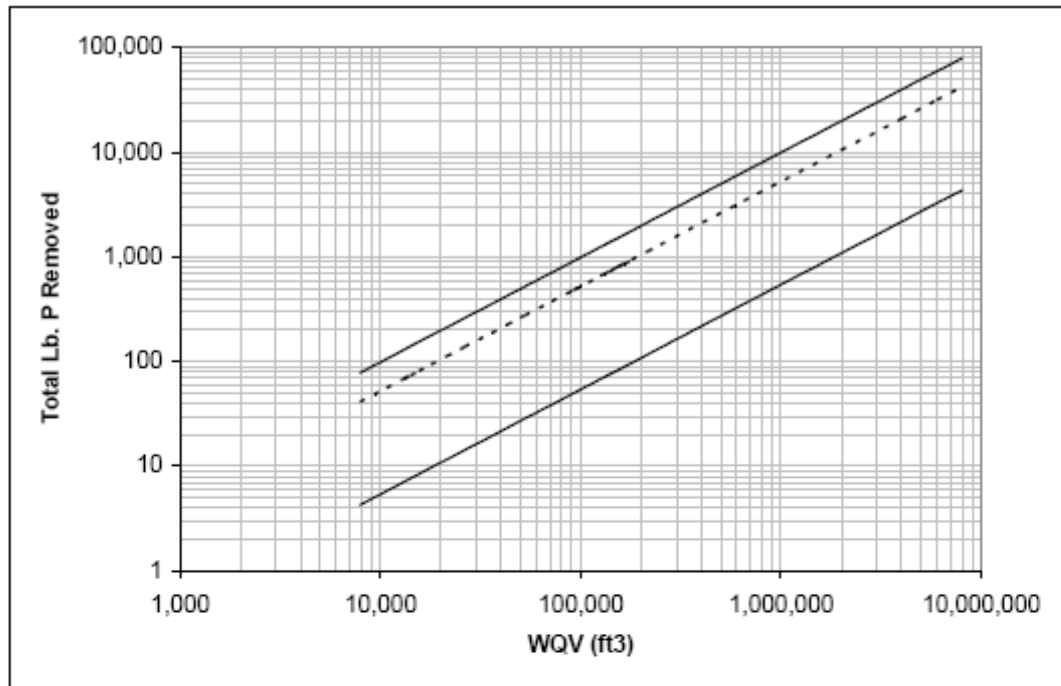


Figure 35. Estimated P removed in 20 years for constructed wetlands with the 67% CI.

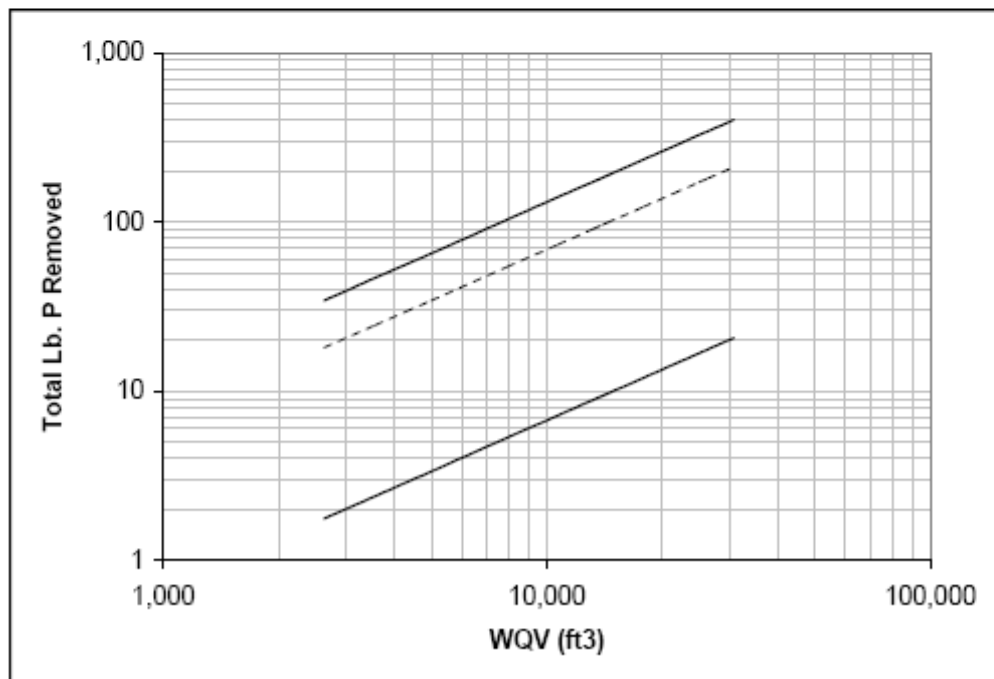


Figure 36. Estimated P removed in 20 years for infiltration trenches with the 67% CI.

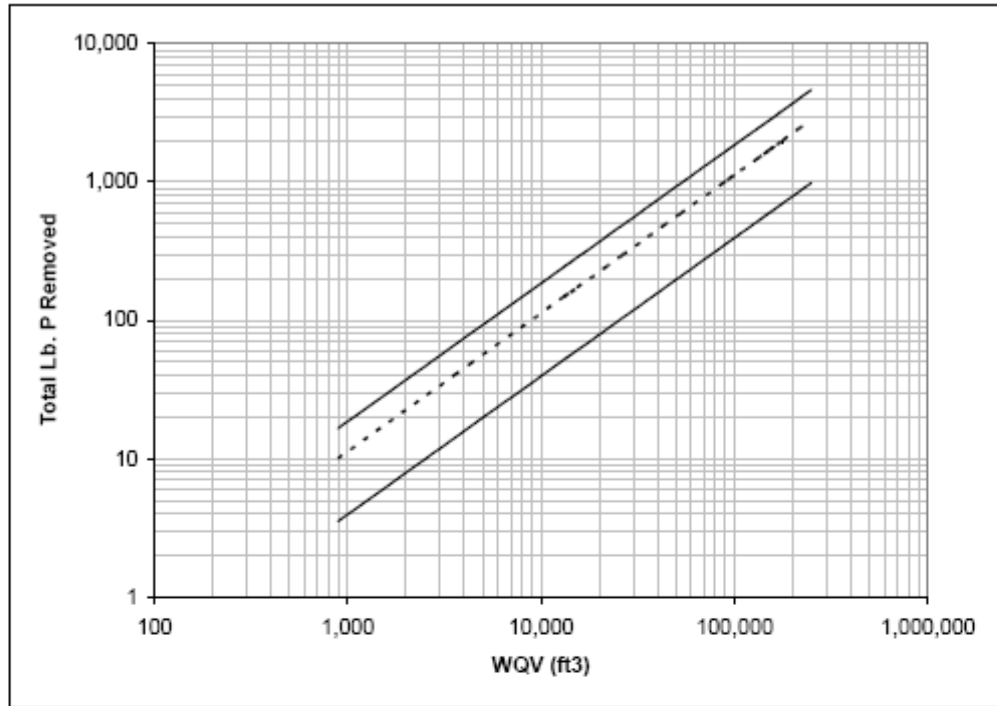


Figure 37. Estimated P removed in 20 years for bioinfiltration filters with the 67% CI.

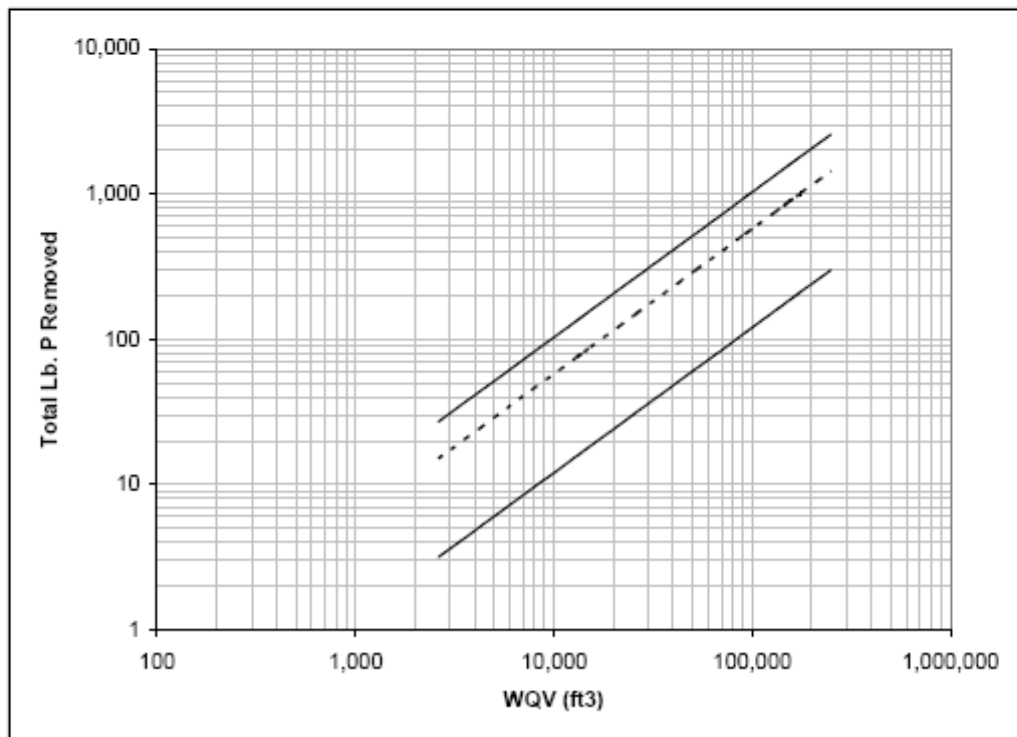


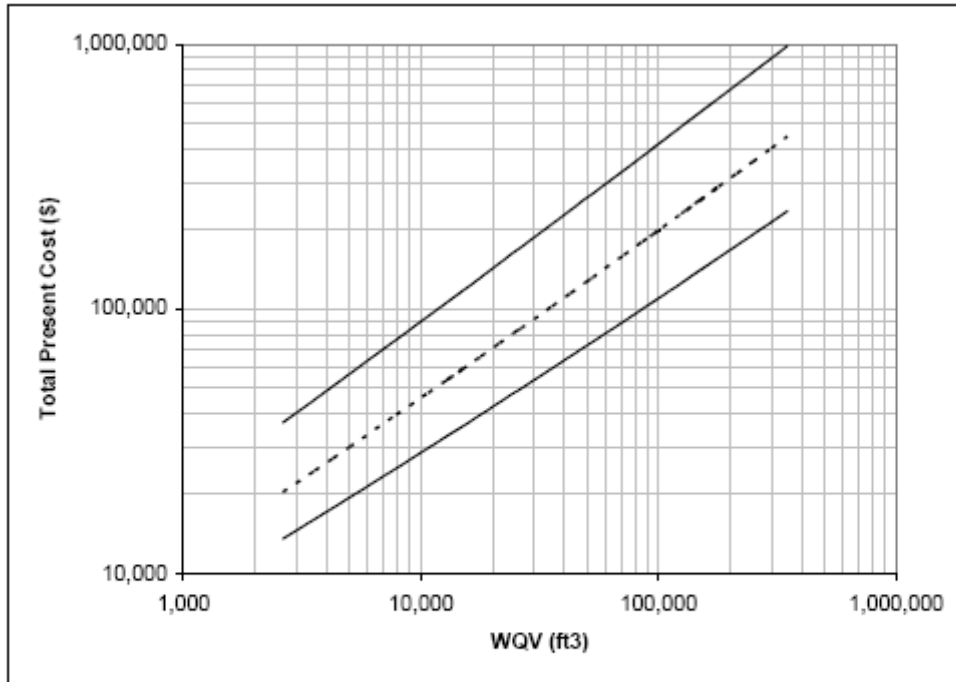
Figure 38. Estimated P removed in 20 years for sand filters with the 67% CI.

52.14 Custo total do valor presente (TPC)

O custo total do valor presente refere-se ao custo da manutenção em 20 anos considerando a taxa de inflação e a taxa de juros como Exemplo (52.2).

Na Figura 19 do Minnesota, 2005 para reservatório de detenção seco ou estendido temos a estimativa do custo total presente (TPC) da manutenção e operação em 20anos no intervalo de confiança de 67%.

Assim para um reservatório WQv com $100.000\text{ft}^3 = 2.830\text{m}^3$ teremos uma média de US\$ 200.000 em 20 anos e cujo valor maior é US\$ 410.000 e o valor menor é US\$110.000.



**Figure 19. Total Present Cost (TPC) of dry detention basins with 67% CI.
Land costs are excluded and need to be determined separately.**

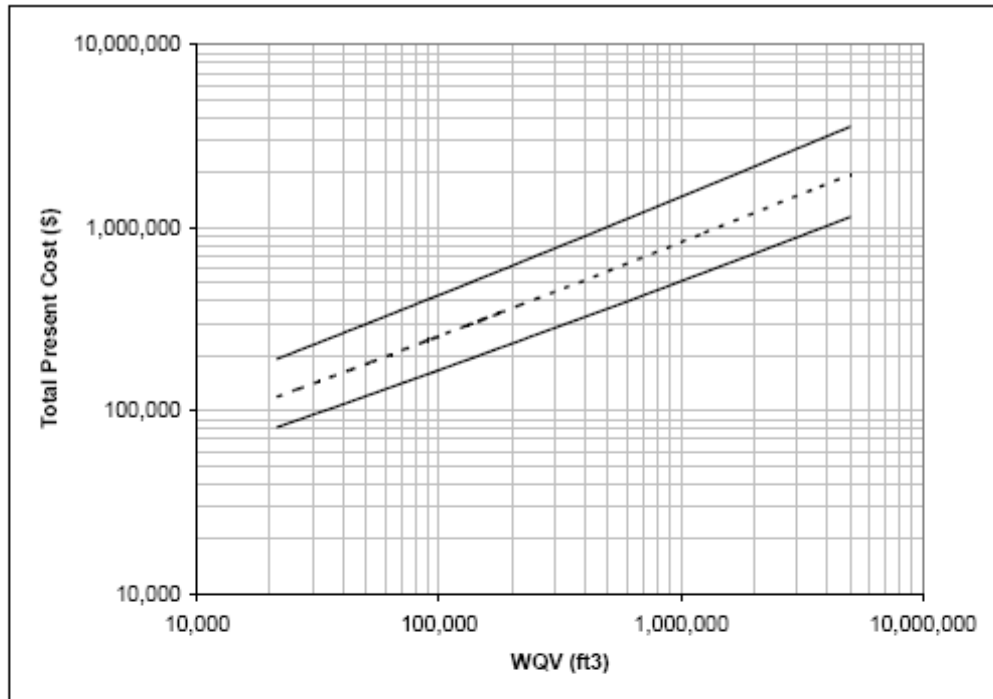


Figure 20. Total Present Cost (TPC) of wet basins with 67% CI. Land costs are excluded and need to be determined separately.

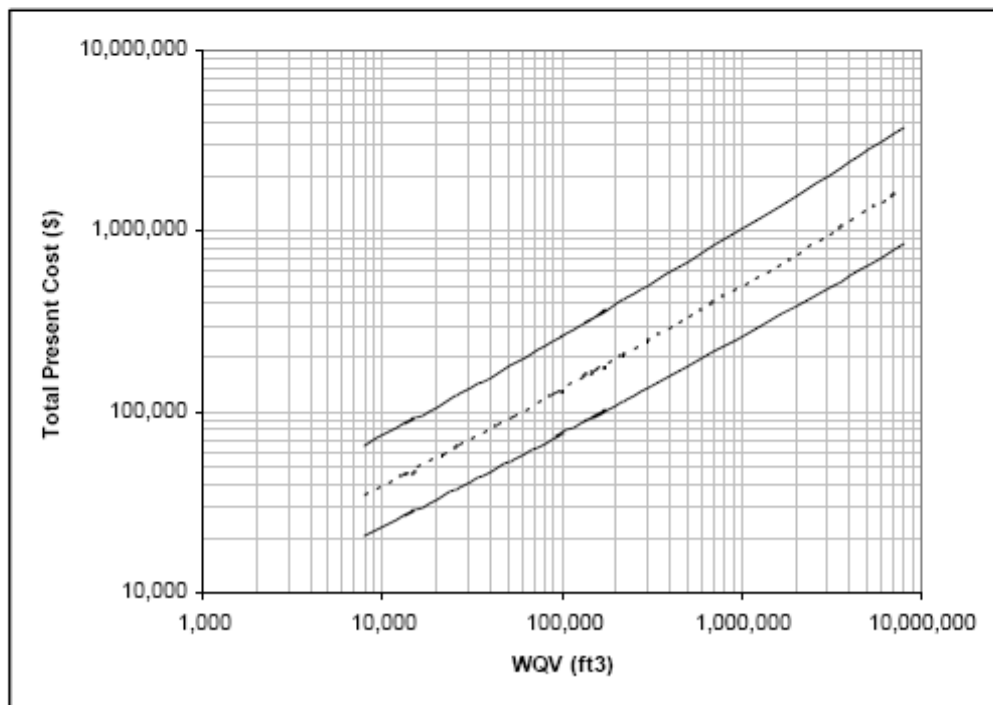
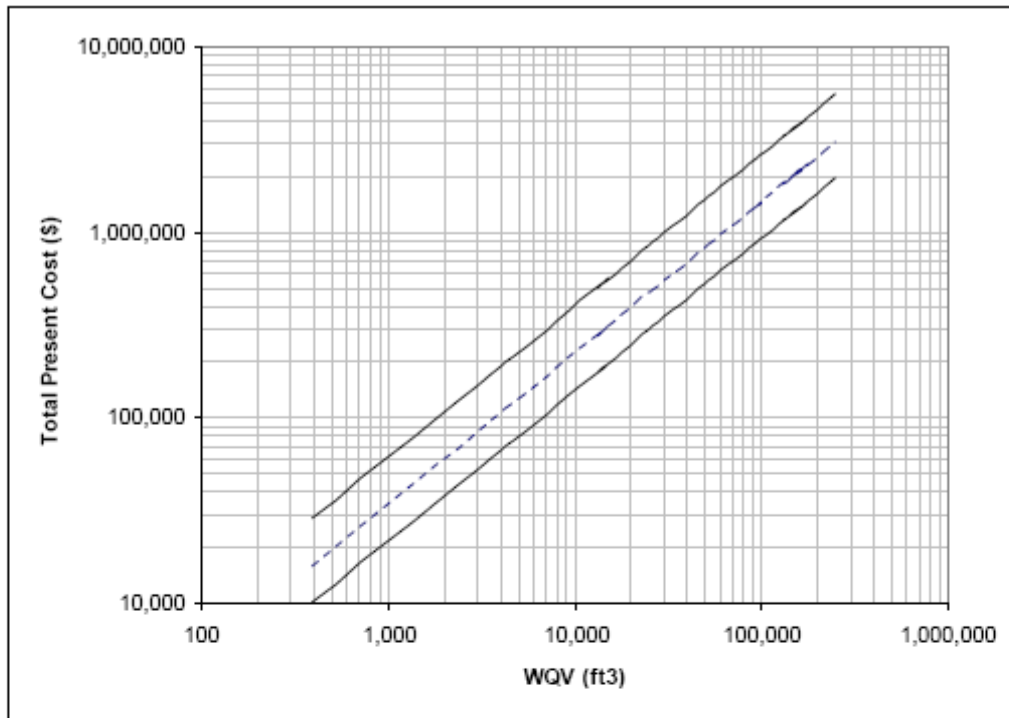
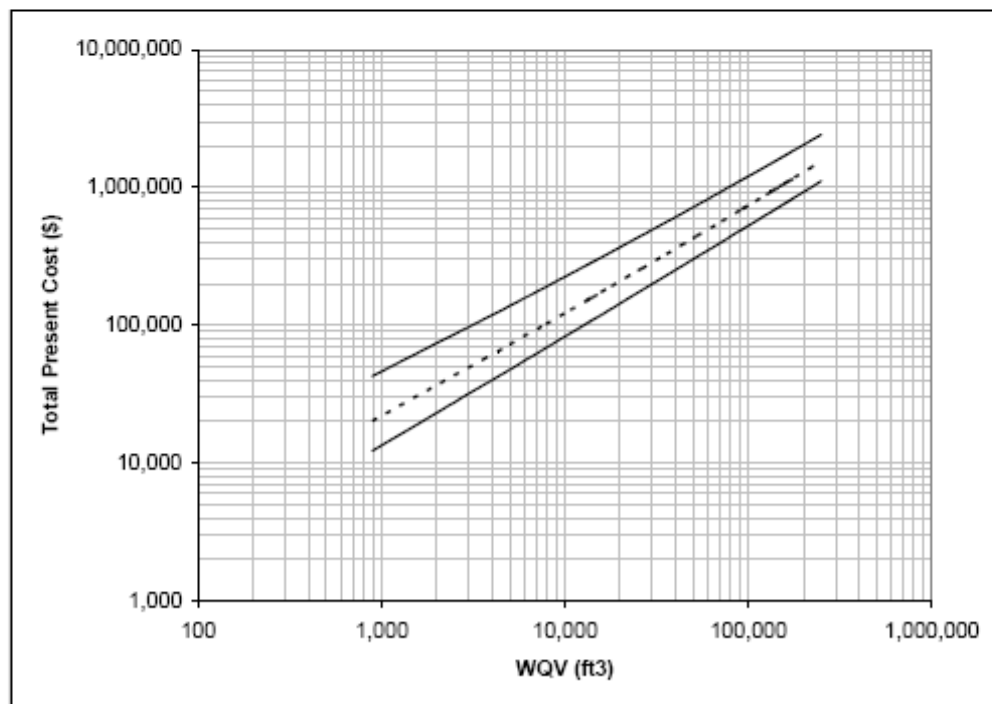


Figure 21. Total Present Cost (TPC) of constructed wetlands with 67% CI. Land costs are excluded and need to be determined separately.



**Figure 22. Total Present Cost (TPC) of infiltration trenches with 67% CI.
Land costs are excluded and need to be determined separately.**



**Figure 23. Total Present Cost (TPC) of bioinfiltration filters with 67% CI.
Land costs are excluded and need to be determined separately.**

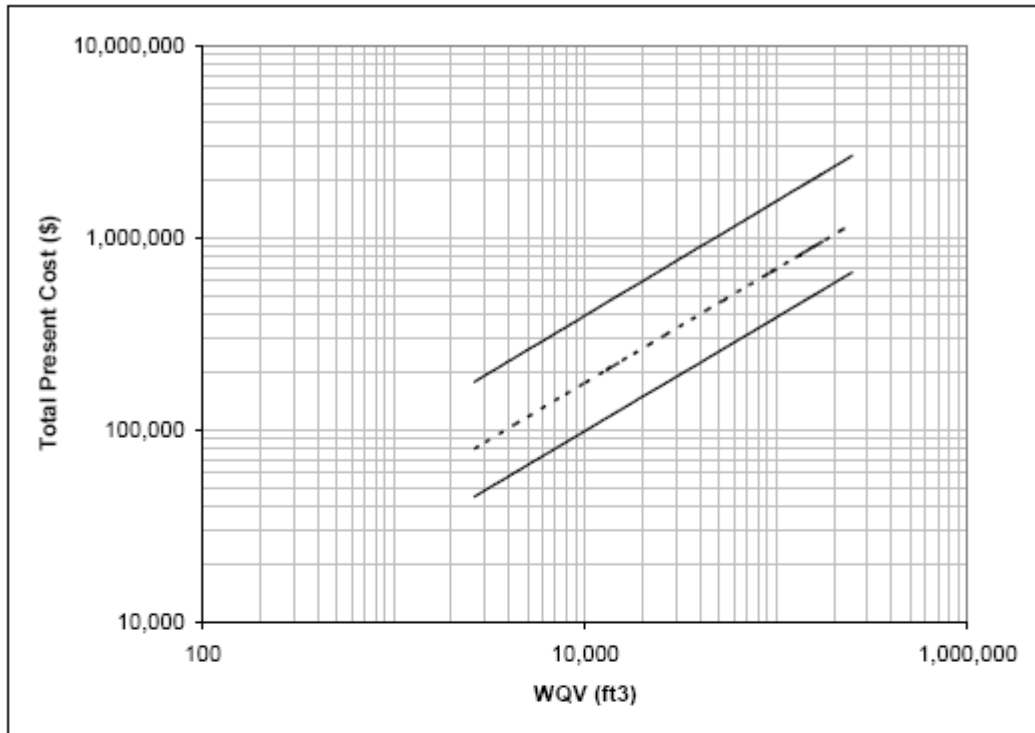


Figure 24. Total Present Cost (TPC) of sand filters with 67% CI. Land costs are excluded and need to be determined separately.

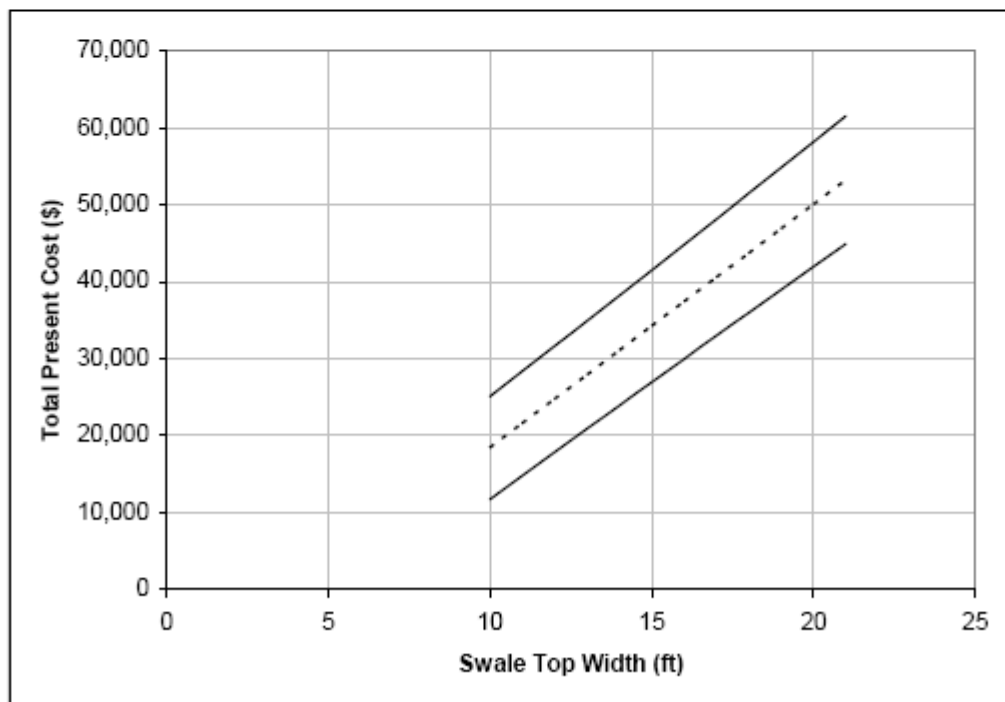


Figure 25. Total Present Cost (TPC) of 1000' long grassed/vegetative swales with 67% CI. Land costs are excluded and need to be determined separately.

52.15 Fração de runoff tratado

Para a RMSP supomos que o *first flush* é P=25mm, que corresponde a 90% das precipitações anuais que produzem runoff.

Nos estudos que fizemos das precipitações da cidade de Mairiporã no período de 1958 a 1995 achamos que se admitirmos o *first flush* de 25mm serão encaminhados para a BMP 84,7% do total do runoff, mas que 15,3% não passarão pelo tratamento e se encaminharão diretamente aos rios e córregos.

Portanto, a **fração runoff tratado é 0,847.**

Dica: vai para o tratamento (BMP) 84,7% e não passa pelo tratamento 15,3%.

52.16 Área ocupada pela BMP

A Tabela (52.18) nos fornece uma estimativa da área necessária para a BMP em função da área impermeável da bacia ou da área total da bacia. Geralmente os custos das áreas não fazem parte do custo das obras e manutenção+operação, motivo pelo qual sempre deve ser avaliada a parte.

Tabela 52.18- Área de terra ocupada pela BMP em função da área impermeável e da área total da bacia

BMP	Porcentagem da área impermeável conforme USEPA, 1999	Universidade do Texas, junho, 2004	Porcentagem da área da bacia conforme Claytor e Schueler, 1996.
Bacia de detenção estendida	-----	0,5 a 2	0,5 a 2,0
Bacia de retenção	2 a 3	1 a 3	-----
Bioretenção	5	5 a 10	-----
Faixa de filtro gramada	100	5 a 10	-----
Filtro	-----		2 a 7
Filtro de areia	0 a 3	1 a 4	-----
Infiltração	-----	0,5 a 2	2 a 3
Lagoa	-----		2 a 3
Trincheira de infiltração	2 a 3	0,5 a 2	-----
Vala gramada	10 a 20	5	-----
Wetland	3 a 5	2 a 6	3 a 5

Fonte: Minnesota, 2005 e Universidade do Texas, junho, 2004- Michael Barrett.

52.17 Custo médio do valor presente de BMPs conforme Minnesota, 2005

Na Tabela (52.19) está os custos médios da construção + custo total do valor presente (TPC) da manutenção e operação durante 20anos.

Não estão inclusos os custos dos pré-tratamentos e nem das terras que serão desapropriadas.

Tabela 52.19- Custo médio em dólares americanos base ano 2005 do custo da construção+ custo do valor presente (TPC) da operação e manutenção das BMPs baseado no volume WQv conforme Minnesota, 2005.

BMPs	Volume WQv (m ³)				
	85 m ³	283 m ³	849 m ³	2.830 m ³	7.075m ³
Reservatório de detenção seco	US\$ 22.000	46.000	US\$ 91.000	US\$ 98.000	US\$ 59.000
Reservatório de detenção / retenção	47.000	83.000	141.000	256.000	407.000
Wetland	21.000	38000	68.000	131.000	219.000
Trincheira de infiltração	84.000	226.000	554.000	0	0
Filtro de bioinfiltração	49.000	122.000	286.000	0	0
Filtro de areia	86.000	176000	338.000	691.000	0

52.18 Bibliografia e livros consultados

- EPA. *Costs of Best management practices and associated land for urban stormwater control*. EA/600/JA-03/261/2003. 25páginas.
- CIRIA. *The SUDS manual*. London, 2007, CIRIA C697, ISBN 978-0-86017-697-8
- KALMANN, ORIT ET AL. *Benefit-cost analysis of stormwater quality improvements*. Environmental Management vol 26 n° 6 pp 615-628 ano 2000.
- MAYS, LARRY W; e TUNG, YEOU-KOUNG. *Hydrosystems engineering&management*. McGraw-Hill, 1992, 530 páginas.
- MINNESOTA. *The Cost and effectiveness of stormwater management practices*. Research. Junho de 2005.
- MOELLER, GLENN et al. *Praticability of detention basins for treatment of Caltrans highway runoff based on a maximum extent practicable evaluation*. California State University. Sacrametno (CSUS) ano 2001.
- TOMAZ, PLINIO. *Infiltração e Balanço Hídrico*. Ano 2008 livro digital