

Capítulo 15- Pesquisas efetuadas sobre TSS (sólidos totais em suspensão)

15.1 Introdução

O objetivo deste capítulo é fornecer alguns dados de pesquisas efetuadas no Brasil e outros países sobre TSS (sólidos totais em suspensão) sobre os sedimentos em águas pluviais que se dirigem a BMPs.

Define-se **sólidos totais em suspensão (TSS)** como os sólidos suspensos nas águas pluviais, excluindo lixo, resíduos e outros sólidos grosseiros **menores que 500µm** de diâmetro (maior que o diâmetro médio da areia). Conforme Washington, 2008 a definição é conceitualmente consistente com o *Standard Methods 254D* que exclui partículas grandes.

As partículas com diâmetro menores que 250µm deve ser pelo método de difração do laser e as partículas maiores que 250µm deve ser feita com a massa do particulado conforme Washington, 2008.

15.2 Pesquisas feitas no Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002

As pesquisas foram feitas por Marllus Gustavo Ferreira Passo das Neves e Gustavo Henrique Merten no ano de 2005 e denominada: *Deposição de sedimentos na bacia de retenção do Parque Marinha do Brasil em Porto Alegre, RS.*

Rio Grande do Sul

Porto Alegre

Área residencial com comércio

Reservatório de **retenção** com área total de 154ha

População 11.303hab

Volume do lago= 12.337m³

Área de superfície do lago As= 1,33ha

Área impermeável estimado conforme densidade habitacional= 33%

Densidade habitacional média= 67,8hab/ha

Período de retorno usado: Tr=50anos

Problema de *mau cheiro* no período seco

Grande quantidade de **aguapés**

Falta de **acesso** para entrar máquinas e caminhões para manutenção



Figura 15.1-Parque Marinha do Brasil. Notar que está próximo do Lago Guaíba
Fonte: Neves et al, 2005



Figura 15.2-Reservatório de retenção
Fonte: Neves et al, 2005

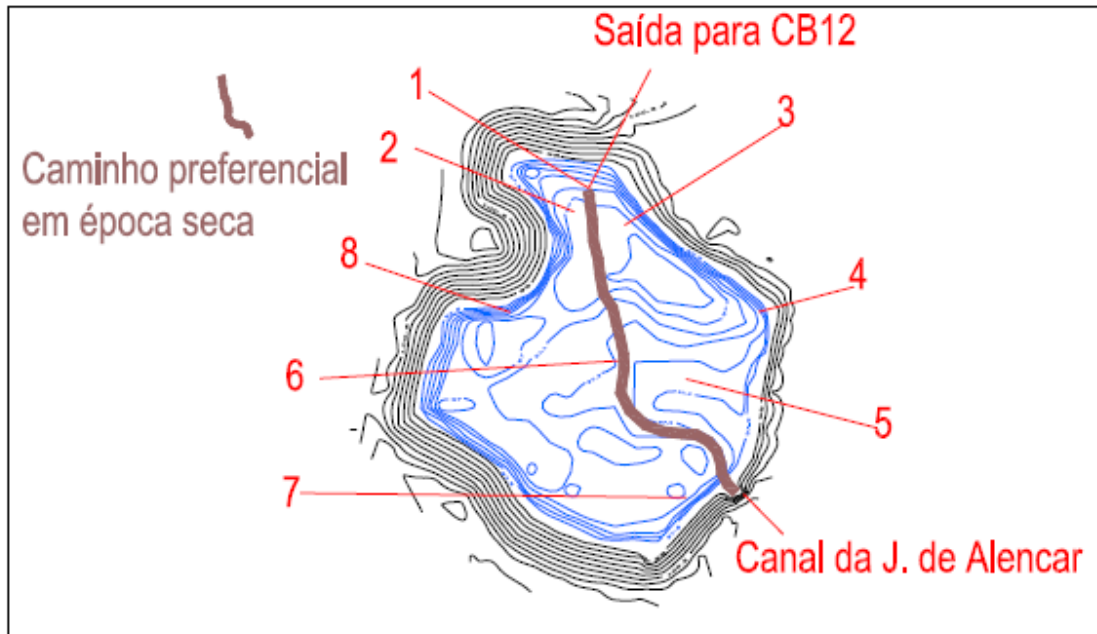


Figura 15.3-Reservatório de retenção- Batimetria
Fonte: Neves et al, 2005



Figura 15.4-Reservatório de retenção- Batimetria
Fonte: Neves et al, 2005



Figura 15.5-Reservatório de retenção- Aguapés
Fonte: Neves et al, 2005

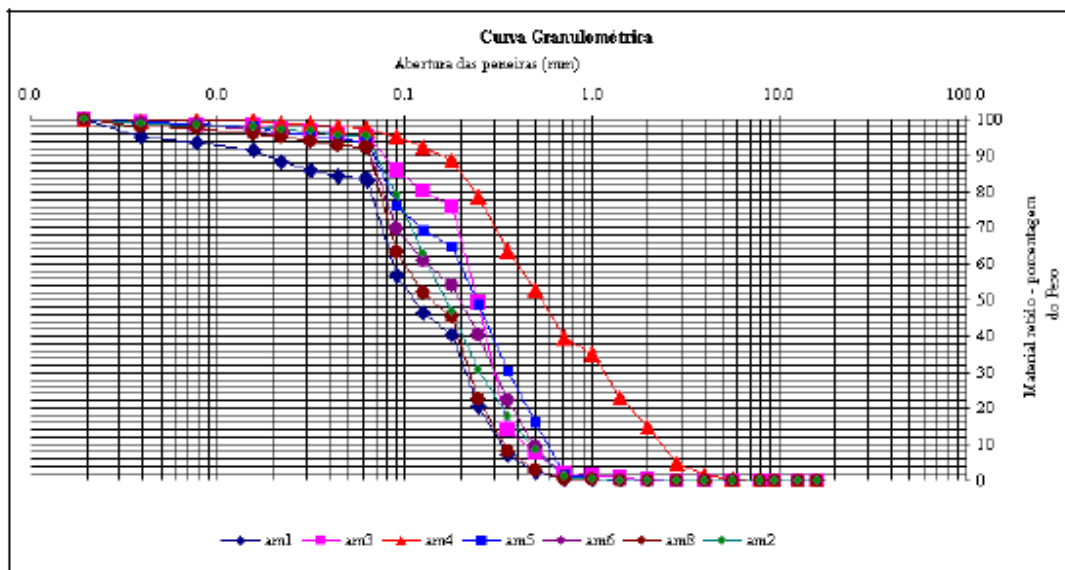


Figura 15.6-Curva granulométrica de varias amostras.
Adotamos a de cor rosa AM3 quadrado grande
Fonte: Neves et al, 2005

Tabela 15.1- Textura das varias amostras

Classe Granulométrica	am1	am2	am3	am4	am5	am6	am8
pedregulho	0.0%	0.1%	0.4%	15.0%	0.0%	0.0%	0.1%
areia	83.4%	95.1%	94.6%	82.6%	93.8%	91.8%	92.1%
silte	11.8%	3.6%	4.1%	2.2%	5.3%	7.0%	5.9%
argila	4.8%	1.2%	1.0%	0.2%	0.9%	1.1%	2.0%

Tabela 15.2- Diâmetros característicos das várias amostras

Amostra	Diâmetro característico							
	d25	d50	d60	d65	d67,5	d75	d80	d90
am1	0,234	0,113	0,087	0,082	0,079	0,071	0,066	0,019
am2	0,296	0,169	0,135	0,121	0,115	0,099	0,088	0,072
am3	0,323	0,248	0,222	0,209	0,202	0,182	0,127	0,078
am4	1,341	0,545	0,405	0,347	0,329	0,276	0,241	0,160
am5	0,409	0,245	0,201	0,177	0,146	0,097	0,084	0,069
am6	0,339	0,201	0,131	0,108	0,098	0,084	0,078	0,066
am8	0,243	0,140	0,100	0,089	0,086	0,079	0,075	0,065

Tabela 15.3- Massa específica das várias amostras

Amostra	massa específica (t/m ³)
am1	1,46
am2	1,53
am3	1,53
am4	1,54
am5	1,52
am6	1,51
am8	1,51
média	1,51

Tabela 15.3- Massa específica, d₅₀ e classificação das varias amostras

amostra	d50 (mm)	classificação	massa específica (t/m3)
am1	0,113	Areia muito fina	1,55
am2	0,169	Areia fina	1,55
am3	0,248	Areia fina	1,55
am4	0,545	Areia grossa	1,55
am5	0,245	Areia fina	1,55
am6	0,201	Areia fina	1,55
am8	0,140	Areia fina	1,55

Tabela 15.4- Estimativa de material sólido depositado na rede de drenagem em bacias urbanas brasileiras conforme Tucci e Collischom, 2000 in Neves et al, 2005.

Local	Tipo de estimativa	Volume m ³ /km ² /ano	Transferência para a bacia em estudo (1,54 km ²)*	
			Volume m ³ /ano	Volume m ³ /mês
Rio Tietê em São Paulo	Material dragado	393	605	50
Tributários do rio Tietê em São Paulo	Material de fundo	1400	2156	180
Lagoa da Pampulha em Belo Horizonte	Assoreamento 57a 94	2436	3751	313
Arroio Dilúvio em Porto Alegre	Material dragado	750	1155	96

* A subbacia CB12, de 38,2 ha, não contribui para a bacia de detenção

Nota: a bacia de Porto Alegre em estudo tem 1,54km².

Tabela 15.5- Peso específico médio aparente inicial de depósitos em reservatórios em toneladas/m³. Adaptado de Zhide, 1998 in Neves et al, 2005.

Tipo de operação do reservatório	Argila (<0,004 mm)	Silte (0,004-0,062mm)	Areia (0,062-2,000mm)
Sedimento sempre ou quase sempre submerso	0,416	1,12	1,55
Depleção do reservatório de pequena a média	0,561	1,14	1,55
Reservatório de significativas variações de nível	0,641	1,15	1,55
Reservatório normalmente vazio	0,961	1,17	1,55

15.3 Conclusão

Pelos estudos de Porto Alegre, RS de Neves et al, 2005 no reservatório de retenção do Parque Marinha do Brasil mostraram que:

1. O volume médio anual de sedimentos é de 14,4m³/ha x ano e 22,3 t/ha x ano.
2. A massa específica depositada média é 1,51 t/m³
3. O d₅₀ das amostras variam de 0,113mm a 0,545mm com massa depositada específica média de 1,55 t/m³.
4. A amostra AM3 nos parece a mais representativa
5. A amostra AM3 tem 0,4% de pedregulho, 94,6% de areia, 4,1% de silte e 1,0% de argila.

Lembremos que se trata da massa depositada no fundo do lago e dimensionada por batimetria a sua espessura.

Volume depositado

Volume depositado por mês= 1,20m³/ha x mês

Em um ano teremos: 12 x 1,2= 14,4m³/ha x ano

Volume depositado no res de retenção em Porto Alegre: **14,4m³/ha x ano**

Em massa temos: 1,86 t/mês x ha = 1860 kg/mês x ha

Em um ano teremos: 12 x 1860 =22300 kg/ha x ano= 22,3 t/ ha x ano

Peso depositado no res de retenção em Porto Alegre: **22.300kg/ha x ano**

Será

$$V = 14,4\text{m}^3/\text{ha} \times \text{ano} \times 154\text{ha} = 2.218\text{m}^3/\text{ano}$$

Em Kg teremos:

$$P = 22300\text{kg}/\text{ha} \times \text{ano} \times 154\text{ha} = 3.434.200\text{kg}/\text{ano}$$

A carga aproximada de TSS seria de 4750 mg/L que é um valor muito grande significando que há muitas construções novas em andamento no local (solos nus).

15.4 Urbonas, outubro de 2005

<http://www.udfcd.org/conferences/pdf/conf2006/6-1%20Urbonas%20History%20of%20USDCM%20Volume%203%20Changes.pdf>

	Dissolved matter			Colloids		Suspended particles		
	Ions	Molecules		Macromolecules	Microparticles		Macroparticles	
	100	1000	10000					
Molecular Weight	100	1000	10000					
Size (µm)	0.001	0.01	0.1	1	10	100	1000	
Solute/Particle size range	Mineral salts	Proteins		FeCl ₃ Flocculants		Algae, Protozoa		
	Metal ions	Viruses		Bacteria, Microalgae		Macrophytes, Zooplankton		
	Pesticides	Colloids		Clay		Sand		
	Polysaccharides	Ultrafiltration		Microfiltration				
	Reverse osmosis	Nano-filtration		Ultrafiltration				
Membrane Separation Process	Reverse osmosis		Ultrafiltration					
	Nano-filtration		Microfiltration					

Na Tabela SQ-6 abaixo estão as cargas do afluente e do efluente em mg/L para o TSS, por exemplo. Trata-se de pesquisa efetuadas em mais de 200 BMPs nos Estados Unidos e Canadá para bacia de detenção estendida, bacia de retenção (*wet pond*), *wetland* e outras.

Observar que a média em bacia de detenção estendida do afluente foi de 87,7mg/L e a média do efluente foi de 41,4 mg/L com redução media de 53%,

Os textos hachurados são aquelas que se encontram dentro do intervalo de confiança com 95% de probabilidade.

Remoção de sedimentos em BMPs
Capítulo 15- Pesquisas efetuadas sobre TSS (sólidos totais em suspensão)
Engenheiro Plínio Tomaz pliniotomaz@uol.com.br 13/11/08

Table SQ-6—BMP Stormwater Quality Influent and Effluent Event Mean Concentrations
Based on Analysis of 200 BMP Sites in United States and Canada

Constituents	Point of Discharge	Extended Detention	Wet Pond	Wetland Basin	Biofilter	Media Filter
Suspended Solids (mg/l)	<i>Influent</i>	87.7 (48.4-159)	88.8 (48.9-156)	82.1 (65.7-103)	52.0 (22-123)	61.1 (45.4-82.4)
	<i>Effluent</i>	41.4 (30.8-55.5)	19.0 (12.9-28.0)	19.7 (16.6-23.4)	24.6 (15.0-40.3)	25.5 (14.7-44.3)
Total Copper (ug/l)	<i>Influent</i>	32.3 (22.7-46)	18.0 (7.4-43)	xx	21.8 (11.6-40.9)	15.3 (12.4-18.8)
	<i>Effluent</i>	18.9 (16.6-21.5)	6.92 (4.7-10.3)	xx	10.0 (5.6-17.9)	9.81 (8.1-11.8)
Dissolved Copper (ug/l)	<i>Influent</i>	12.1 (8-18.3)	8.87 (5.4-14.6)	xx	12.3 (6.5-23.4)	8.83 (6.7-11.6)
	<i>Effluent</i>	14.7 (10.4-20.9)	5.09 (3.1-8.3)	xx	7.66 (4.7-12.5)	7.95 (6.6-9.7)
Total Lead (ug/l)	<i>Influent</i>	69.2 (33.6-143)	33.3 (10.2-109)	12.6 (3.8-42)	19.6 (7.4-51.6)	15.6 (9.3-26.1)
	<i>Effluent</i>	15.0 (9.5-23.8)	6.68 (2.9-15.6)	3.25 (1.9-5.6)	6.95 (4.2-11.7)	5.5 (3.5-8.6)
Dissolved Lead (ug/l)	<i>Influent</i>	3.4 (2-5.8)	9.48 (0.9-101.4)	xx	2.5 (0.9-6.9)	2.18 (1.6-3.1)
	<i>Effluent</i>	2.33 (1.7-3.3)	4.16 (2.0-8.9)	xx	1.35 (0.5-3.6)	1.42 (1.0-1.9)
Total Zinc (ug/l)	<i>Influent</i>	274 (178-422)	75.3 (44-128.9)	164 (54.6-494)	129 (57.3-291)	122 (72.6-204)
	<i>Effluent</i>	85.3 (50.6-143.7)	28.6 (21.4-38.3)	119 (32.8-429)	39.4 (28.2-55.2)	65.0 (45.3-93.2)
Dissolved Zinc (ug/l)	<i>Influent</i>	xx	57.4 (20.1-163)	xx	67.4 (33.8-134)	71.7 (41.3-124)
	<i>Effluent</i>	xx	16.9 (2.6-109)	xx	32.0 (26.7-38.3)	57.1 (37.7-86.6)
Total Phosphorus (mg/l)	<i>Influent</i>	0.4 (0.3-0.5)	0.53 (0.3-0.9)	2.91 (1.9-4.6)	0.19 (0.1-0.4)	0.25 (0.2-0.4)
	<i>Effluent</i>	0.3 (0.2-0.44)	0.16 (0.12-0.21)	0.15 (0.07-0.33)	0.32 (0.24-0.43)	0.14 (0.11-0.17)
Total Nitrogen (mg/l)	<i>Influent</i>	xx	1.49 (0.6-3.6)	2.56 (1.6-4)	0.58 (0.3-1)	xx
	<i>Effluent</i>	xx	1.17 (0.77-1.78)	2.42 (1.46-4.0)	0.69 (0.37-1.29)	xx
TKN (mg/l)	<i>Influent</i>	1.99 (1.6-2.5)	1.06 (0.8-1.4)	1.23 (1-1.6)	2.27 (1.8-2.9)	2.2 (1.7-2.9)
	<i>Effluent</i>	1.87 (1.46-2.39)	0.84 (0.68-1.04)	1.33 (0.84-2.11)	1.6 (1.42-1.8)	1.79 (1.45-2.2)

Does not meet 95% confidence test for change in the mean between inflow and outflow

Meets 95% confidence test for change in mean concentration between inflow and outflow

Cautionary Note: This table presents statistics of site mean EMCs without weighting the sites for data density. Each site has equal weight in the analysis.

Some sites had very little data, but have same weight as sites with much data.

Legend: **mm.m** - Mean of all site mean EMCs

(ll.ll - uu.uu) = (Lower – Upper) values of the 95% confidence test of the mean.

Particle Size Grading	Management Issue					Treatment Process
	Visual	Sediment	Organics	Nutrients	Metals	
Gross Solids > 5000 μm	Litter	Gravel	Plant Debris			Screening
Coarse- to Medium- 5000 μm – 125 μm						Sedimentation
Fine Particulates 125 μm – 10 μm		Silt		Particulate	Particulate	Enhanced Sedimentation
Very Fine/Colloidal 10 μm – 0.45 μm	Turbidity		Natural & Anthropogenic Materials		Colloidal	Adhesion and Filtration
Dissolved Particles < 0.45 μm				Soluble		Biological Uptake

Figure 1 Stormwater management issues and matching pollutant characteristics with appropriate treatment processes¹

Particle Size Grading	Treatment Measures				Hydraulic Loading $Q_{des}/A_{facility}$
	Gross Pollutant Traps	Sedimentation Basins (Wet & Dry)	Grass Swales & Filter Strips	Surface Flow Wetlands	
Gross Solids > 5000 μm	Gross Pollutant Traps	Sedimentation Basins (Wet & Dry)	Grass Swales & Filter Strips	Surface Flow Wetlands	1,000,000 m ³ /yr
Coarse- to Medium-sized Particulates 5000 μm – 125 μm					100,000 m ³ /yr
Fine Particulates 125 μm – 10 μm				Infiltration Systems	50,000 m ³ /yr
Very Fine/Colloidal Particulates 10 μm – 0.45 μm				Sub-Surface Flow Wetlands	5000 m ³ /yr
Dissolved Particles < 0.45 μm					2500 m ³ /yr
					1000 m ³ /yr
					500 m ³ /yr
					50 m ³ /yr
					10 m ³ /yr

Figure 2 Matching pollutant characteristics with appropriate treatment measures and operating hydraulic loading¹

15.5 USEPA, 2004 Chi-Yaun Fan

Com o objetivo de manutenção de galerias de águas pluviais a USEPA, 2004 salienta a importância das **características e quantificação** de materiais sedimentados.

A CIRIA (*The construction industry research and information association*) do Reino Unido num estudo sobre águas pluviais caracterizou as mesmas com 300 mg/L de TSS (sólidos totais em suspensão) para partículas <200µm em suspensão e 50mg/L de partículas >250µm como carga do leito.

Dica: observar que temos 300mg/L de sólidos totais em suspensão e 50mg/L de sólidos grosseiros que irão se depositar.

O NURP (*The national urban runoff program*) informou a média de TSS de 180mg/L (variação de 141mg/L a 224mg/L) medido em 21 áreas urbanizadas, sendo 9 nos Estados Unidos.

A Tabela 39 para temperatura de 10°C foi feita através de estudos no sistema de *Fresh Pond Parkway* com TSS de 300mg/L indicou uma preponderância de materiais entre 16µm a 62µm.

Todas as partículas com velocidades maiores que 0,06cm/s irão se depositar. As partículas menores que a velocidade de sedimentação de 0,06cm/s são de 78mg/L e como a média de TSS de saída foi de 145mg/L **irão se depositar 67 mg/L** que ficarão nas galerias de águas pluviais.

Considerando uma área de bacia de 100ha, precipitação média anual de 1.000mm e runoff de 750mm por ano teremos:

$(750\text{mm} / 1.000) \times 100\text{ha} \times 10.000\text{m}^3 \times 67\text{g} / \text{m}^3 / 1.000 = 50.250\text{kg/ano}$ de material depositado

Como temos a taxa de 1.602kg/ m³ teremos:

$50.250 \text{ m}^3/\text{ano} / 1.602 = 31 \text{ m}^3/\text{ano}$ de material depositado em galerias.

Table 39. Assumed stormwater runoff solids characteristics

Category	Size (µm)	Settling Velocity (cm/s)	% mass per category
Very fine gravel	> 2000	30.0	1
Very coarse sand	> 1000	15.0	2
Coarse sand	> 500	7.0	4
Medium sand	> 250	2.8	5
Fine sand	> 125	1.0	14
Very fine sand	> 62	.25	20
Coarse silt	> 31	.06	26
Medium silt	> 16	.02	18
Fine silt	> 8	.01	6
Very fine silt	> 4	.005	2
			Sum = 100

A Tabela 40 feita na Europa por Ashley, 1992 vale para limpeza mecânica de sólidos em ruas e foram feitas pesquisas com 10 partículas, sendo que 7 delas estão na tabela e o restante é praticamente zero. Observar que partículas >250 μm representam 45% das partículas na limpeza mecânica de ruas.

Table 40. Solids removal per solids size for mechanical street sweeping

Particle Size (μm)	Effectiveness (%)
>2000	80
>1000	70
>500	60
>250	55
>125	45
>62	30
>31	15
Otherwise zero	

A Tabela 41 foi feita por Pit e são relativas a uma bacia urbana em Cambridge. Observar que para partículas maiores que 125 μm são depositados 40% dos sólidos.

Table 41. Solids removal per solids size for typical Cambridge urban catchment area

Particle Size (μm)	Effectiveness (%)
>2000	100
>1000	90
>500	80
>250	60
>125	40
>62	20
>31	10
Otherwise zero	

A Tabela 42 também é de Cambridge, Massachussets e trata-se de área urbana para captação de águas pluviais onde se mostra o tamanho das partículas, a velocidade e a porcentagem em massa na entrada da bacia e na saída. Observar que a partir da velocidade 0,06cm/s a redução praticamente não existiu.

Todas as partículas que possuem velocidades menores que 0,06cm/s representam 78mg/L No efluente foi constatada concentração total de TSS de 145mg/L

Table 42. Stormwater runoff solids characteristics in Cambridge, MA urban catchment

Category	Size (µm)	Settling Velocity (cm/s)	Initial / (Final) (% mass per category)
Very fine gravel	> 2000	30.0	1 / (0.0)
Very coarse sand	> 1000	15.0	2 / (0.1)
Coarse sand	> 500	7.0	4 / (0.3)
Medium sand	> 250	2.8	5 / (0.9)
Fine sand	> 125	1.0	14 / (4.6)
Very fine sand	> 62	.25	20 / (11.2)
Coarse silt	> 31	.06	26 / (19.9)
Medium silt	> 16	.02	18 / (18.)
Fine silt	> 8	.01	6 / (6)
Very fine silt	> 4	.005	2 / (2)
			Sum = 100 / (63.0)

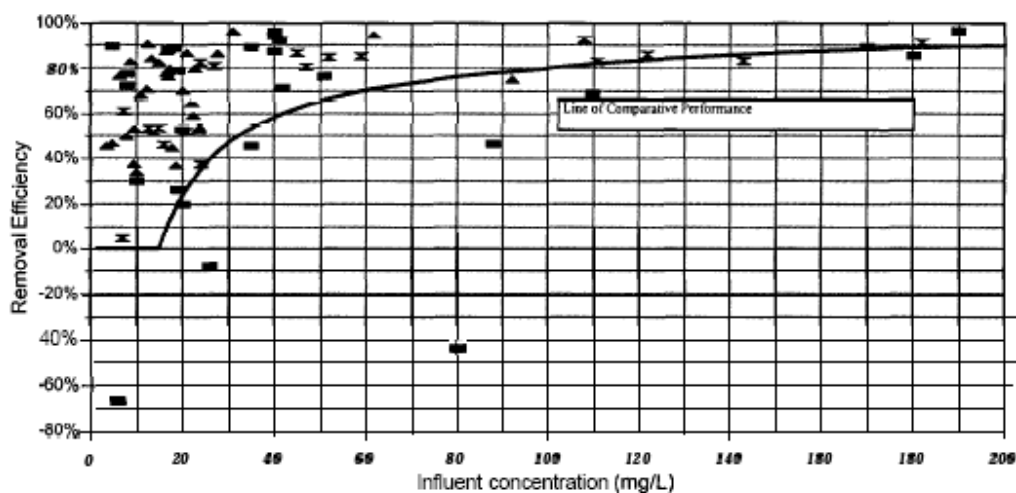
Initial SS = 300mg/L; Final SS = 145 mg/L

15.6 Avaliação de remoção de TSS

Os estudos de Gary R. Minton denominado *New Stormwater treatment BMPs: determining acceptability to local implementing agencies* apresentaram a Figura 1 que mostra uma avaliação do TSS.

Podemos ver pela forma da curva que quanto menor a quantidade de TSS, menor será a redução. Assim quando as águas pluviais possuem TSS de 200mg/L a redução será de 90% enquanto que se o TSS for 40mg/L a redução será somente de 60%. Lembremos sempre que existe uma quantidade irreduzível de TSS conforme Schueler.

FIGURE 1 TSS Evaluation
PNW data - Individual storms



15.6 Bibliografia e livros consultados

- DOTTO, CINTIA BRUN SIQUEIRA. *Acumulação de balanço de sedimentos em superfícies asfálticas em área urbana de Santa Maria-RS*, Dissertação de Mestrado, 2006.
- HAAN, C.T. et al. *Design Hydrology and sedimentology for small catchments*. Academic Press, 1994, 588páginas, ISBN 13:978-0-12-312340-4
- NEVES, MARLLUS GUSTAVO FERREIRA E MERTEN, GUSTAVO HENRIQUE. *Deposição de sedimentos na bacia de retenção do Parque Marinha do Brasil em Porto Alegre- RS*, 2005.
- USEPA. *Sewer Sediment and control- a management practices reference guide*. EPA/600/R-04/059, janeiro de 2004
- WASHINGTON STATE. *Guidance for evaluating emergin stormwater treatment technologies. Technology assessment protocol- Ecology-* TAPE, janeiro de 2008. Publication number: 02-10-037