

## Capítulo 30- Estimativa da carga de poluente pelo Método Simples de Schueler

### 30.1 Introdução

Schueler, 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).

O Método Simples de Schueler, 1987 é amplamente aceito e requer poucos dados de entrada e é utilizado no Estado do Texas e no *Lower Colorado River Authority*, 1998

AKAN, (1993) salienta que os estudos valem para **áreas menores que 256ha** e que são usadas cargas anuais. A *equação de Schueler* é similar ao método racional e nas unidades SI adaptada neste livro. 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<sub>j</sub>= fração da chuva que produz *runoff*. P<sub>j</sub> =0,9 (normalmente adotado)

R<sub>v</sub>= *runoff* volumétrico obtido por análise de regressão linear.

R<sub>v</sub>= 0,05 + 0,009 x AI (R<sup>2</sup>=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)

#### Valor de P<sub>j</sub>

O valor de P<sub>j</sub> usualmente é 0,90 para precipitação média anual, mas pode atingir valor P<sub>j</sub> =0,5 e para eventos de uma simples precipitação P<sub>j</sub> =1,0.

#### Valores de C

Conforme as pesquisas feitas por Schueler, (1987) e citadas por AKAN, (1993) e McCUEN, (1998) os valores médios da carga de poluição C em mg/L é fornecida pelas Tabelas (30.1) a (30.11)

**Tabela 30.1- Média dos Estados Unidos para concentrações médias nas águas pluviais**

Constituintes	Unidades	Runoff urbano
TSS	mg/L	54,5 (1)
TP	mg/L	0,26 (1)
TN	mg/L	2,00 (1)
Cu	µg/L	11,1 (1)
Pb	µg/L	50,7 (1)
Zn	µg/L	129 (1)
S. Coli	1000 colonias/mL	1,5 (2)
(1) Dados do NURP/USGS, 1998		
(2) Schueler, 1999		

Fonte: New York Stormwater Management Design Manual

**Tabela 30.2- Concentrações de poluentes em diversas áreas**

<b>Constituintes</b>	<b>TSS (1)</b>	<b>TP (2)</b>	<b>TN (3)</b>	<b>S. Coli (1)</b>	<b>Cu (1)</b>	<b>Pb (1)</b>	<b>Zn (1)</b>
	<b>(mg/L)</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(1000 col/ml)</b>	<b>(µg/L)</b>	<b>(µg/L)</b>	<b>(µg/L)</b>
Telhado residencial	19	0,11	1,5	0,26	20	21	312
Telhado commercial	9	0,14	2,1	1,1	7	17	256
Telhado industrial	17	-	-	5,8	62	43	1.390
Estacionamento residencial ou comercial	27	0,15	1,9	1,8	51	28	139
Estacionamento industrial	228	-	-	2,7	34	85	224
Ruas residenciais	172	0,55	1,4	37	25	51	173
Ruas comerciais	468	-	-	12	73	170	450
Estradas rurais	51	-	22	-	22	80	80
Ruas urbanas	142	0,32	3,0	-	54	400	329
Gramados	602	2,1	9,1	24	17	17	50
Paisagismo	37	-	-	94	94	29	263
Passeio onde passa carros e pessoas (entrada de carros nas garagens)	173	0,56	2,1	17	17	-	107
Posto de gasolina	31	-	-	-	88	80	290
Oficina de reparos de carros	335	-	-	-	103	182	520
Indústria pesada	124	-	-	-	148	290	1.600
(1) Clayton e Schueler, 1996 (2) Média de Steuer et al, 1997, Bannerman, 1993 e Waschbushch,2000							
(3) Steuer et al, 1997							

**Fonte: New York Stormwater Management Design Manual**

**Tabela 30.3 - Valores de “C” usados pelo Método Simples de Schueler, 1987 em mg/L.**

Poluente	NURP	Baltimore	Washington DC	NURP National Study	Virginia	FHWA
	Área suburbana	Áreas velhas	Área comercial	média	Florestas	Rodovias americanas
Fósforo total	0,26	1,08		0,46	0,15	
Nitrogênio Total	2,00	13,6	2,17	3,31	0,78	
COD	35,6	163,0		90,8	>40,0	124,0
BOD <sub>5</sub> dias	5,1		36,0	11,9		
Zinco	0,037	0,397	0,250	0,176		0,380

Fonte: AKAN, (1993) e McCUEN, (1998).

Na Tabela (30.4) estão os valores de concentração média adotado na Malásia.

**Tabela 30.4- Valores médios de concentração adotados na MALÁSIA em mg/L**

Poluente	Vegetação nativa/ floresta	Área rural	Área industria I	Área urbana	Área em construção
<i>Sedimentos</i>	85	500	50 - 200	50- 200	4000
Sólidos totais em suspensão (TSS)	6	30	60	85	
Nitrogênio total (NT)	0,2	0,8	1,0	1,2	
Fósforo total (PT)	0,03	0,09	0,12	0,13	
Amônia	0,01- 0,03	0,01-0,26		0,01-9,8	
Coliformes fecais	260-4000	700 - 3000		4000-20000	
Cobre				0,03 – 0,09	
Chumbo				0,2 – 0,5	

Fonte: MALÁSIA, (2000)

Na Tabela (30.5) temos valores médios de poluentes fornecidos por Tucci, (2001).

**Tabela 30.5- Valores médios de parâmetros de qualidade de águas pluviais em mg/L para algumas cidades.**

Poluente	Durham Colson, 1974	Cincinatti Weibel et al., 1964	Tulsa AVCO, 1970	Porto Alegre	APWA APWA, 1969	
					mínimo	máximo
DBO		19	111,8	31,8	1	700
Sólidos totais	1440		545	1523	450	14600
pH						
Coliformes NPM/100ml	23.000		8.000	1,5 x 10 <sup>7</sup>	55	11,2 x 10 <sup>7</sup>
Ferro	12			30,3		
Chumbo	0,46			0,19		
Amônia		0,4		1,0		

Fonte: TUCCI, (2001).

Conforme USEPA, 2004 os valores de concentrações médias estão na Tabela (30.6).

**Tabela 30.6- Concentrações médias de nitrogênio, fósforo e bactérias (coliformes fecais) conforme o uso do solo**

Uso do solo	Concentração média de nitrogênio (mg/L)	Concentração média de fósforo (mg/L)	Coliformes fecais Número de bactérias por 100 mL Schueler, 2000
Floresta	1,69	0,10	100
Área residencial de baixa densidade	1,88	0,40	20.000
Área residencial de densidade média	1,88	0,40	20.000
Área residencial de alta densidade	1,90	0,29	20.000
Áreas comerciais e industriais	1,90	0,23	20.000

Fonte: Schueler, 1987 e Thomson et al, 1997 in EPA/600/R-05/121A, 2004

**Tabela 30.7- Concentração média de TSS**

Uso do solo	Concentração média de TSS (mg/L)
Floresta	26
Área residencial de média e baixa densidade	117
Área residencial de alta densidade, áreas industriais e comerciais	116

Fonte: NURP (EPA, 1983) in EPA/600/R-05/121A, 2004

**Tabela 30.8- Dados de efluentes de: TSS, TP de vários locais**

Location	TSS (mg/L)	TP (mg/L)	DP (mg/L)
<sup>a</sup> NURP Median EMCs	101	0.38	0.14
<sup>b</sup> Greenville, NC	98	0.35	0.19
<sup>c</sup> Madison, Wis	280	0.98	0.57
<sup>d</sup> Roseville, MN	240	1.44	0.25
<sup>e</sup> Somerset Co., NJ	282	0.36	0.00
<sup>f</sup> Montgomery Co., MD	42	0.48	0.08
<sup>g</sup> Washington, D.C	26	0.26	0.12
Mean of 6 Sites	161.33	0.65	0.20
S.D	119.50	0.47	0.20
<sup>h</sup> Carver County, MN	84.62	0.184	0.097

- a = U.S EPA (1983)  
 b = Stanley (1996)  
 c = Khuesener and Lee (1974)  
 d = Oberts and Osgood (1991)  
 e = Ferrara and Witkowski (1983)  
 f = Grizzard et al. ( 1986)  
 g = Schueler (1987)  
 h = This study (2004/2005)

**Fonte: Water quality performance of dry detention ponds with under-drains. Final report 2006.**

Conforme Anta et al, 2006 em pesquisas realizadas na Espanha em Santiago de Compostela em área urbana com área impermeável de 70%, 55ha, tc=25min, precipitação média anual de 1886mm, 141dias com chuva por ano em pesquisa de 14 chuvas achou-se os dados da Tabela (30.9) a 30.11).

**Tabela 30.9- Características de poluentes em runoff de águas pluviais comparando dados de varias origens com os dados obtidos na Espanha em julho de 2006**

Characteristics of the pollution in urban runoff. Ranges and mean values in parenthesis					
Pollutant	Present study	USEPA (1983)	Ellis (1989)	Metcalf and Eddy (1991)	Novotny and Olem (1994)
TSS (mg/ℓ)	50 – 590 (219)	(100)	21 – 2582 (190)	67 - 101	3 - 11000 (650)
COD (mg/ℓ)	26 – 180 (89)	(65)	20 – 365 (85)	40 -73	----
BOD <sub>5</sub> (mg/ℓ)	22 – 95 (50)	(9)	7 – 22 (11)	8 – 10	10 – 250 (30)
Pb (µg/ℓ)	13 – 280 (58)	(0.14)	10 - 3100 (210)	27 - 330	30 - 3100 (300)
Zn (µg/ℓ)	136 – 432 (225)	(0.16)	10 – 3680 (300)	135 - 226	----
Cu (µg/ℓ)	35 – 159 (79)	(43)	----	----	----

**Fonte: Anta et al, 2006**

Na Tabela (30.9) podemos ver que os valores de TSS na Espanha variaram de 50mg/L a 590 mg/L sendo a média de 219mg/L.

**Tabela 30.10- Classificação dos sedimentos em águas pluviais somente de TSS conforme varias origens**

Classification of sediment from the sewer system according to the concentration, mean diameter and average relative density, $\rho_r$ (present study and Butler et al., 2003)					
Sediment type	Transport	Parameter	Sediment load		
			Low	Median	High
Stormwater	Suspension	Concentration (mg/l)	50	350	1000
		$d_{50}$ ( $\mu\text{m}$ )	20	60	100
		$\rho_r$	1.1	2.0	2.5
Grit	Bedload	Conc. (mg/l)	10	50	200
		$d_{50}$ ( $\mu\text{m}$ )	300	750	750
		$\rho_r$	2.3	2.6	2.6
Present study	---	EMC (mg/l)	219		
		$d_{50}$ ( $\mu\text{m}$ )	38		

Fonte: Anta et al, 2006

Na Tabela (30.10) observamos que conforme Butler et al, 2003 in Anta et al, 2006 para águas pluviais os valores de TSS variam de 50mg/L a 1000mg/L, sendo que o diâmetro das partículas  $d_{50}$  varia de 20 $\mu\text{m}$  a 100 $\mu\text{m}$ .

**Tabela 30.11- Carga por hectare dos 14 eventos analisados em na cidade de Santiago de Compostela na Espanha**

Mobilised load per net hectare in the stormwater events analysed								
Rain Event	TSS (kg/ net ha)	VSS (kg/ net ha)	TDS (kg/ net ha)	VDS (kg/ net ha)	TS (kg/ net ha)	COD (kg/ net ha)	BOD <sub>5</sub> (kg/ net ha)	TOC (kg/ net ha)
01	0.69	---	1.38	---	2.07	---	---	0.04
02	7.67	---	4.22	---	11.89	3.19	---	0.35
03	1.96	---	1.28	---	3.24	---	---	0.13
04	5.13	---	1.08	---	6.21	---	---	0.06
05	8.58	---	1.90	---	10.49	---	---	0.15
06	0.78	---	1.09	---	1.86	---	---	0.06
07	1.35	---	0.58	---	1.93	---	---	0.04
08	0.70	---	0.97	---	1.68	---	---	0.04
09	1.85	0.39	2.66	0.92	4.50	0.94	---	---
10	1.24	0.39	0.92	0.32	2.16	0.66	0.23	---
11	2.92	1.05	1.72	0.49	4.64	1.89	0.99	---
12	3.19	0.78	2.54	0.78	5.60	1.47	---	---
13	3.54	0.85	1.60	0.60	5.14	1.46	0.56	---
14	4.22	0.93	4.07	0.68	8.29	1.06	0.39	---
Mean value	3.13	0.73	1.86	0.63	4.98	1.52	0.54	0.11
Standard deviation	2.53	0.28	1.14	0.21	3.29	0.84	0.32	0.11

Fonte: Anta et al, 2006

Conforme Tabela (30.11) a média de TSS achada na Espanha é de **3,13 kg/ha x ano** com desvio padrão de 2,453kg/ha x ano. Recordemos que na Austrália é usado para estimativa o valor de 1,6 kg/ha x ano.

### Universidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul

Na dissertação de mestrado de Cintia Brum Siqueira Dotto, 2006 da Universidade Federal de Santa Maria sobre Acumulação e balanço de sedimentos em superfícies asfálticas em área urbana de Santa Maria, RS, foram apresentados vários dados que estão resumidos na Tabela (30.12).

**Tabela 30.12-Dados fornecidos por Dotto, 2006**

Fonte	Área urbana TSS (mg/L)
Matos et al, 1998	220mg/L
Gomes e Chaudhry, 1981 Universidade de São Carlos	171mg/L a 3499mg/L área urbanizada
	165 mg/L a 1891 mg/L área menos urbanizada
Branco et al, 1998 Universidade Santa Maria	20mg/L a 1200mg/L (mesma região)
Paiva et al, 2001 Universidade Santa Maria	Até 11000mg/L (mesma região)
Scapin, 2005	150mg/L a 1600mg/L
Paz et al, 2004 Universidade Santa Maria	700mg/L (área urbana) e 250mg/L (área rural)
Dotto, 2006 Universidade Santa Maria	8,0mg/L a 6000mg/L (grande variabilidade)
	<b>Média de 537,05mg/L</b>

**Conclusão:** pelas tabelas citadas acima podemos ver como é difícil de se estimar o valor de sólidos totais em suspensão TSS, pois o mesmo varia de 114mg/L até aproximadamente 4000mg/L dependendo se existe solo nu ou muitas obras em construção.

#### Exemplo 30.1

Exemplo de AKAN, (1993).

Trata-se de área com 12ha, chuva média anual de 965mm sendo  $P_j = 0,90$ . Área antes do desenvolvimento com 2% de área impermeável passou a 45% com a construção de uma vila de casas. Calcular o aumento anual de fósforo total.

Para a situação de *pré-desenvolvimento*:

$$R_v = 0,05 + 0,009 \times 2 = 0,07$$

Adotando  $C=0,15\text{mg/L}$  para fósforo total em florestas, na Tabela (30.3) na coluna de Virginia.

A carga anual será calculada usando:

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

$$P = 965\text{mm}$$

$$P_j = 0,9 \text{ adotado}$$

$$R_v = 0,07$$

$$C = 0,15\text{mg/L Fósforo total/ Floresta}$$

$$A = 12\text{ha}$$

$$R_v = 0,07$$

$$L = 0,01 \times 965\text{mm} \times 0,9 \times 0,07 \times 0,15\text{mg/L} \times 12\text{ha}$$

$$L = 1,09 \text{ kg/ano}$$

Para a situação de *pós-desenvolvimento*.

$$R_v = 0,05 + 0,009 \times 45 = 0,46$$

$$P = 965\text{mm}$$

$$P_j = 0,9 \text{ adotado}$$

$$R_v = 0,07$$

$$C = 0,26\text{mg/L Fósforo total/ área suburbana}$$

$$A = 12\text{ha}$$

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

$$L=0,01 \times 965\text{mm} \times 0,9 \times 0,46 \times 0,26\text{mg/L} \times 12\text{ha}$$

$$L=12,46 \text{ kg/ano}$$

Portanto, com o desenvolvimento a quantidade total de fósforo aumentará de 1,09kg/ano para 12,46 kg/ano com a construção de um bairro residencial proposto.

### Exemplo 30.2

Calcular o aumento de sedimentos de área urbana com 46,75ha, chuva anual média de 1540mm e  $P_j = 0,50$ . Supomos que no pré-desenvolvimento havia 2% de área impermeável e com o desenvolvimento passou para 70%.

Pré-desenvolvimento

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

$$P=1540\text{mm}$$

$$P_j = 0,5 \text{ adotado}$$

$$C=85\text{mg/L sedimentos/ Floresta/ Malásia}$$

$$A=46,75\text{ha}$$

$$R_v=0,05 + 0,009 \times 2 = 0,07$$

$$L=0,01 \times 1540\text{mm} \times 0,5 \times 0,07 \times 85\text{mg/L} \times 46,75\text{ha}$$

$$L=2.142 \text{ kg de sedimentos/ano}$$

#### Pós-desenvolvimento

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

$$P=1540\text{mm}$$

$$P_j = 0,5 \text{ adotado}$$

$$C=200\text{mg/L sedimentos / Urbana/ Malásia, Tabela (30.4)}$$

$$A=46,75\text{ha}$$

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

$$L=0,01 \times 1540\text{mm} \times 0,5 \times 0,68 \times 200\text{mg/L} \times 46,75\text{ha}$$

$$L=48.957\text{kg de TSS/ano}$$

Com o pós-desenvolvimento o sedimento aumentará de 2.142kg/ano para 48.957kg/ano.

### 30.2 Eficiência relativa

Conforme Tomaz, 2006 existe uma confusão sobre termos que tentaremos esclarecer da melhor maneira possível. Assim as definições de *performance* e eficiência são:

*Performance*: são as medidas que mostram como as metas das BMPs para águas pluviais são tratadas.

*Eficiência*: são as medidas que mostram como as BMPs ou os sistemas de BMPs removem ou controlam os poluentes.

Até o presente, a eficiência é tipicamente mostrada como uma “percentagem de remoção”, o que não é uma medida válida.

Schueler, 2000 in EPA e ASCE, 2002 concluíram que existem “concentrações irredutíveis”, pois não existe nenhuma maneira de se reduzir mais quando se trata de usar as práticas de melhoria da qualidade para as águas pluviais. Assim os pesquisadores acharam limites de concentrações para as águas pluviais para TSS, fósforo total, nitrogênio total, nitrato, nitrito e TKN (Total Kjeldahn Nitrogênio), conforme mostra a Tabela (30.13).



**Tabela 30.13 - Concentrações irreduzíveis conforme Schueler, 2000**

Contaminante	Concentração irreduzível (mg/L)
Sólido total em suspensão (TSS)	20 a 40
Fósforo total (PT)	0,15 a 0,2
Nitrogênio total (NT)	1,9
Nitrato - Nitrogênio	0,7
TKN (Nitrogênio Kjeldahn Total)	1,2

**Fonte: EPA e ASCE, 2002.**

O termo “remoção” pode conduzir a erros, como pode ser visto no exemplo que está na Tabela (30.14).

**Tabela 30.14 - Porcentagem de remoção da TSS aplicação de dois BMPs: A e B.**

	BMP A	BMP B
Concentração do afluente	200mg/L	60mg/L
Concentração do efluente	100mg/L	30mg/L
Eficiência	50%	50%

**Fonte: EPA e ASCE, 2002.**

Pela Tabela (30.14) pode-se ver que a chamada redução não mede plenamente a eficiência de um sistema de BMP aplicado, pois o TSS tem uma concentração com a qual não há redução, conforme vimos na Tabela (30.13).

Podemos então, considerar a redução limite de 20mg/L para o TSS e usaremos a eficiência relativa que mostra melhor conforme Tabela (30.14).

$$\text{Eficiência relativa} = (C_{\text{afluente}} - C_{\text{efluente}}) / (C_{\text{afluente}} - C_{\text{limite}})$$

Sendo  $C_{\text{limite}} = 20\text{mg/L}$  (exemplo).

**Tabela 30.15 - Porcentagem de eficiência relativa da TSS aplicação de dois BMPs, um chamado A e outro B.**

	BMP A	BMP B
Concentração do afluente	200mg/L	60mg/L
Concentração limite	20mg/L	20mg/L
Concentração do efluente	100mg/L	30mg/L
Eficiência relativa	56%	75%

**Fonte: EPA e ASCE, 2002.**

As medidas e práticas para melhorarem a qualidade das águas pluviais nos Estados Unidos receberam o nome de *Best Management Practices (BMP)* que praticamente foi imitado em todo o mundo.

### 30.3 Concentrações irreduzíveis

As concentrações irreduzíveis de efluentes das BMPs, são aquelas quantidades abaixo do qual é impossível de se reduzir mais, conforme Tabela (30.12).

Verificar a semelhança com a Tabela (30.16) dos poluentes irreduzíveis por sedimentação de Schueler.

**Tabela 30.16 - Limites de reduções de efluentes de algumas BMPs**

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

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

**30.4 Dados de Urbonas, outubro de 2005**

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

Os dados hachurados estão num intervalo de confiança de 95%.

Temos os TSS em mg/L da vazão influente e da efluente para várias BMPs conforme Tabela SQ-6 do Urbonas.

**Tabela 30.17-**

**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 $\mu\text{m}$	Litter	Gravel	Plant Debris			Screening
Coarse- to Medium- 5000 $\mu\text{m}$ – 125 $\mu\text{m}$		Silt				Sedimentation
Fine Particulates 125 $\mu\text{m}$ – 10 $\mu\text{m}$				Particulate	Particulate	Enhanced Sedimentation
Very Fine/Colloidal 10 $\mu\text{m}$ – 0.45 $\mu\text{m}$	Turbidity		Natural & Anthropogenic Materials		Colloidal	Adhesion and Filtration
Dissolved Particles < 0.45 $\mu\text{m}$				Soluble		Biological Uptake

Figure 1 Stormwater management issues and matching pollutant characteristics with appropriate treatment processes<sup>1</sup>

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 $\mu\text{m}$	Gross Pollutant Traps	Sedimentation Basins (Wet & Dry)	Grass Swales & Filter Strips	Surface Flow Wetlands	1,000,000 m <sup>3</sup> /yr
Coarse- to Medium-sized Particulates 5000 $\mu\text{m}$ – 125 $\mu\text{m}$					100,000 m <sup>3</sup> /yr
Fine Particulates 125 $\mu\text{m}$ – 10 $\mu\text{m}$				Infiltration Systems	50,000 m <sup>3</sup> /yr
Very Fine/Colloidal Particulates 10 $\mu\text{m}$ – 0.45 $\mu\text{m}$				Sub-Surface Flow Wetlands	5000 m <sup>3</sup> /yr
Dissolved Particles < 0.45 $\mu\text{m}$					2500 m <sup>3</sup> /yr
					1000 m <sup>3</sup> /yr
					500 m <sup>3</sup> /yr
					50 m <sup>3</sup> /yr
					10 m <sup>3</sup> /yr

Figure 2 Matching pollutant characteristics with appropriate treatment measures and operating hydraulic loading<sup>1</sup>

### 30.5 Qualidade das águas pluviais segundo CIRIA, 1997

Conforme CIRIA, 1997 o Reino Unido usa os seguintes conceitos para a melhoria da qualidade das águas pluviais e estimar a carga poluente.

Primeiramente salienta que se trata de pequenas bacias isto é aquelas menos de 2.500ha (24km<sup>2</sup>).

Calcula-se o runoff anualmente denominado Qano usando a seguinte equação:

$$Qano = a \cdot Ap (P - b) 10^{-3}$$

Sendo:

Qano= volume anual de runoff (m<sup>3</sup>)

a= constante que representa a proporção da superfície impermeável da área da rede drenante da bacia. A Tabela (30.17) apresenta alguns valores típicos de “a” segundo CIRIA, 1997.

Ap= área total impermeável (m<sup>2</sup>)

P= precipitação total anual (mm)

b= perda devido a depressão (mm). Os valores típicos de b estão entre 0,5mm a 1,0mm, mas pode atingir até 3,0mm.

**Tabela 30.18- Valores médios encontrados de “a” conforme o uso do solo**

Uso do solo	Valor a
Área com casas isoladas ou geminadas	0,5 a 0,6
Residência multi-familiar em condomínios	0,6 a 0,7
Área central comercial	0,8 a 1,0

Fonte: CIRIA, 1997

#### Vazão base

Quando a bacia é muito pequena podemos desprezar a vazão base.

**Tabela 30.19- Concentração média urbana de carga de poluentes para diversos uso do solo em mg/L exceto para os metais que estão em (µg/L)**

	TSS	BOD	COD	NT	PT	Pb	Zn	Cu	Oleo
Casas isoladas ou geminadas	100	8	50	2,0	0,3	100	150	35	0,2
Idem em áreas velhas	187	11	85	3,5	0,8	180	250	50	0,4
Area central	250	18	100	2,5	0,1	300	350	100	1,00
Industrial e comercial leves	280	15	110	3,0	0,1	140	500	130	2,0
Estradas	250	18	200	2,0	0,1	230	250	50	2,0

Nota: mg/L é igual a g/m<sup>3</sup>

CIRIA, 1997 salienta que os dados fornecidos e estimados devem ser usados somente como estimativos, pois somente medidas feitas em campo de quantidade e qualidade fornecerão os dados corretos.

### Exemplo 30.3

**Calcular a carga de TSS para uma área central de 50ha sendo P=1500mm/ano e b=0,5mm (depressão) com 90% de área impermeável**

A carga que consideraremos de TSS conforme Tabela (30.18) é de 250mg/L ( $\text{g/m}^3$ ) e adotamos  $a=0,90$

$$\begin{aligned}Q_{\text{ano}} &= a \cdot A_p (P - b) 10^{-3} \\A_p &= 0,9 \times 50 \times 10000 = 450.000\text{m}^2 \\P &= 1500\text{mm} \\b &= 0,5 \\Q_{\text{ano}} &= 0,9 \times 450000 (1500 - 0,5) 10^{-3} = 607.298\text{m}^3 \\Carga &= 607.298\text{m}^3 \times 250 = 151.824.500 \text{ g} = 151.825\text{kg/ano} = 151 \text{ ton/ano}\end{aligned}$$

### Exemplo 30.4

**Calcular a carga de TSS para uma área central de 164ha sendo P=1318mm/ano e b=0,5mm (depressão) com 44% de área impermeável**

A carga que consideraremos de TSS conforme Tabela (30.18) é de 250mg/L ( $\text{g/m}^3$ ) e adotamos  $a=0,90$

$$\begin{aligned}Q_{\text{ano}} &= a \cdot A_p (P - b) 10^{-3} \\A_p &= 0,9 \times 164 \times 10000 = 1.476.000\text{m}^2 \\P &= 1318\text{mm} \\b &= 0,5 \\Q_{\text{ano}} &= 0,9 \times 1476000 (1318 - 0,5) 10^{-3} = 1750167\text{m}^3 \\Carga &= 1750167\text{m}^3 \times 250/1000 = 437542\text{kg} = 939.839\text{kg} = 438 \text{ ton/ano}\end{aligned}$$

### Exemplo 30.5

Calcular o aumento de sedimentos de área urbana com 164ha, chuva anual média de 1318mm e  $P_j = 0,90$  com  $R_v = 0,44$  e  $C = 537\text{mg/L}$  conforme Tabela (30.12) para uma área residencial.

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

$$P = 1318\text{mm}$$

$$P_j = 0,9 \text{ adotado}$$

$$C = 537\text{mg/L sedimentos}$$

$$A = 164$$

$$R_v = 0,44$$

$$\begin{aligned}L &= 0,01 \times 1318\text{mm} \times 0,9 \times 0,44 \times 537\text{mg/L} \times 164\text{ha} \\L &= 459652 \text{ lg de TSSS/ano} = 460\text{ton/ano}\end{aligned}$$

### 30.6. Cálculo do assoreamento de um reservatório

Newton de Oliveira Carvalho elaborou um texto denominado “Cálculo do assoreamento e da vida útil de um reservatório na fase de estudos de inventário”.

No estudo é sugerido que a descarga sólida total média anual seja feita da seguinte maneira:

$$\text{Dst} = \text{Qt} \times 365$$

Sendo:

Dst= descarga sólida total anual ( $\text{m}^3$  / ano)

Qt= descarga sólida diária (ton/dia)

365dias por ano

É sugerido por Carvalho o estimativa para 100anos de vida de um reservatório usando o método de Brune para se obter a relação ER

$$\text{S} = \text{Dst} \times \text{ER} / \text{ap}$$

Sendo:

S= volume de sedimentos armazenado no reservatório ( $\text{m}^3$ /ano)

ER= relação obtido no método de Brune

ap= peso específico aparente ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )

Para areia adota-se  $1,554 \text{ ton}/\text{m}^3$

Para silte:  $1,12$  a  $1,17 \text{ ton}/\text{m}^3$

Para argila:  $0,82 \text{ ton}/\text{m}^3$

$$\text{T} = \text{Vres.} / \text{S}$$

Sendo:

T=tempo de vida útil do reservatório (anos)

Vres= volume do reservatorio ( $\text{m}^3$ )

S= volume de sedimentos armazenado no reservatorio ( $\text{m}^3$ /ano)

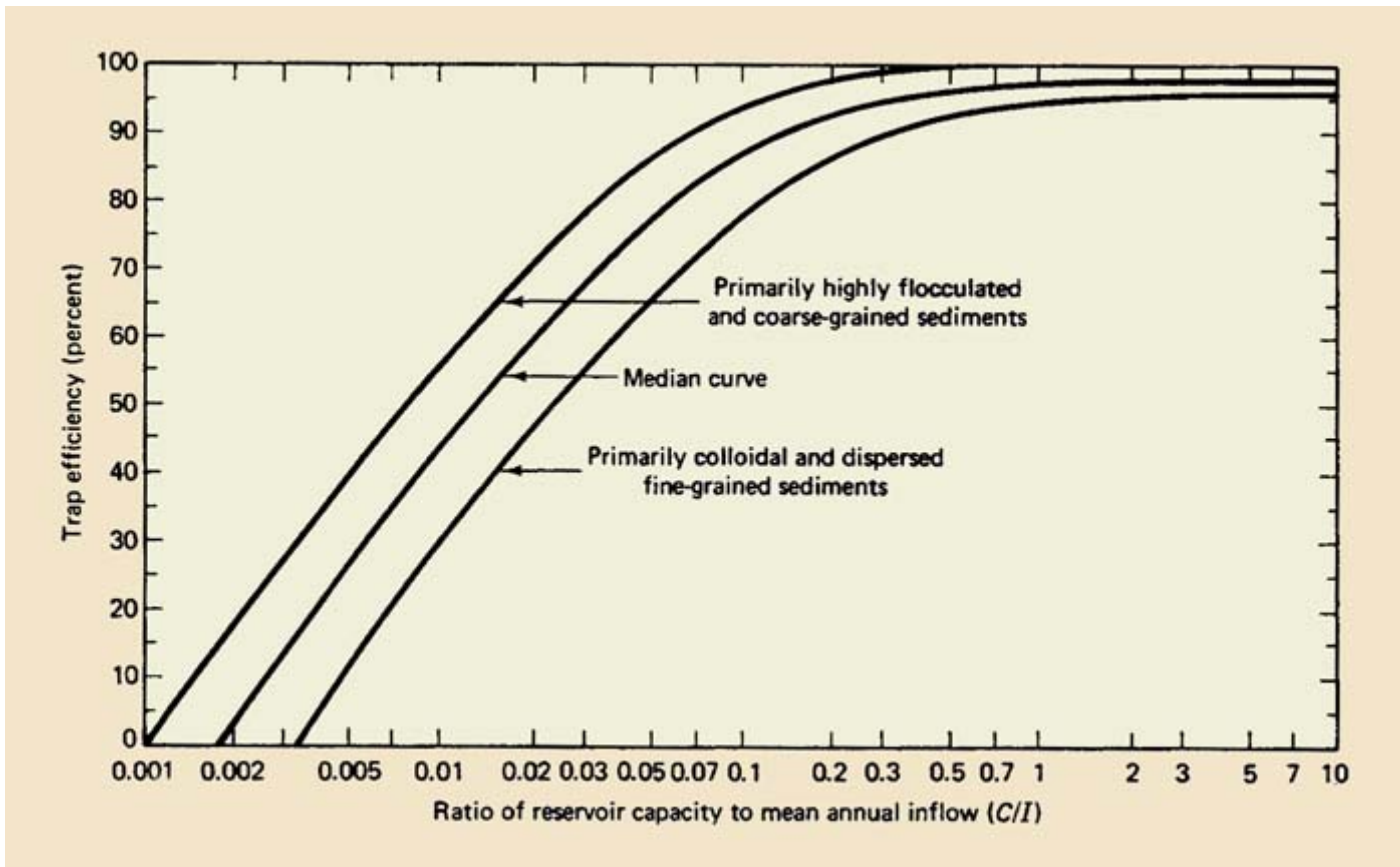


Figura 30.3- Curva de Brune elaboradas em 1953

**Exemplo 30.6**

Calcular em quanto tempo se encherá de sedimentos um reservatório com  $7.279\text{m}^3$  para  $P=1318\text{mm/ano}$  para área de  $164\text{ha}$  e  $R_v=0,44$ .

$$\text{Runoff} = A \times P / 1000 = 164 \times 10000 \times 1318 / 1000 =$$

$$\text{Runoff} = 2.161.520\text{m}^3$$

$$I = 2.161.520\text{m}^3$$

$$C = 7279\text{m}^3$$

$$C/I = 7279 / 2161520 = 0,003368$$

Entrando na curva de Brune achamos  $E_r = 20\% = 0,20$

$$S = D_{st} \times E_r / \gamma_{ap}$$

$$S = 460 \times 0,20 / 1,554 = 59\text{m}^3/\text{ano}$$

$$T = V_{res.} / S$$

$$T = 7279 / 59 = 123 \text{ anos}$$

Portanto, o reservatório se encherá de sedimentos em 123 anos



### 30.7 Bibliografia e livros consultados

- AKAN, A OSMAN. *Urban Stormwater Hydrology*. Lancaster, Pennsylvania: Technomic, 1993, ISBN 0-87762-967-6, 268 p.
- ANTA, JOSE et al. *A BMP selection process based on the granulometry of runoff solids in a separate urban catchment*. Julho de 2006 [www.wrc.org.za](http://www.wrc.org.za).
- CIRIA (CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION). *Design of flood storage reservoirs*. Inglaterra, 140 páginas, 1996.
- DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DE MINNESOTA. *Water quality performance of dry detention ponds with under-drains*. Final report 2006.
- DOTTO, CINTIA BRUN SIQUEIRA. *Acumulação de balanço de sedimentos em superfícies asfálticas em área urbana de Santa Maria-RS*, Dissertação de Mestrado, 2006.
- 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.
- URBONAS, outubro de 2005  
<http://www.udfcd.org/conferences/pdf/conf2006/6-1%20Urbonas%20History%20of%20USDCM%20Volume%203%20Changes.pdf>
- USEPA. *Methodology for analysis of detention basins of control of urban runoff quality*. EPA 440/5-87-001, september 1986.
- USEPA. *Sewer Sediment and Control- a management practices reference guide*. EPA/600/R/R-04/059. Autor: Chi- Yuan Fan, janeiro de 2004.
- USEPA. *Stormwater best management practices- Design guide. Volume 2. Vegetativa Biofilters*. EPA/600/R04/121A. Autor: Michael L; Clar, september 2004.