

## Capítulo 19- *First flush*

### 19.1 Introdução

O *first flush* existe quando a chuva cai num telhado seco num **período mínimo de três dias**. As pesquisas do *first flush* em áreas superficiais impermeáveis como ruas e avenidas embora sejam poucas, ainda são maiores que as feitas em telhado para captação de água de chuva.

Mostraremos as teorias do transporte de sólidos e as pesquisas feitas por Thomas e Martinson para o aproveitamento de água de chuva através de telhados.

De modo geral as partículas possuem diâmetro que variam de  $3\mu\text{m}$  a  $250\mu\text{m}$  sendo 90% são menores que  $45\mu\text{m}$ . Devido a isto os dispositivos atualmente vendidos no Brasil não retém o *first flush*, pois a malha mais fina tem  $270\mu\text{m}$  ( $0,27\text{mm}$ ).

Relembremos que na Alemanha, criadora dos dispositivos existentes no Brasil de aproveitamento de água de chuva, chove o ano todo, de maneira que não se cria muita sujeira no telhado e não há os intervalos que usualmente temos no Brasil de um mês, dois meses ou três meses sem nenhuma gota de água.

Lembremos ainda que a NBR 15527/07 deixa a critério do profissional o uso ou não do *first flush*, pois há casos em que não há necessidade de se fazer o *first flush*, mas há casos em que há riscos à saúde em que é necessário A decisão final fica a critério do profissional.

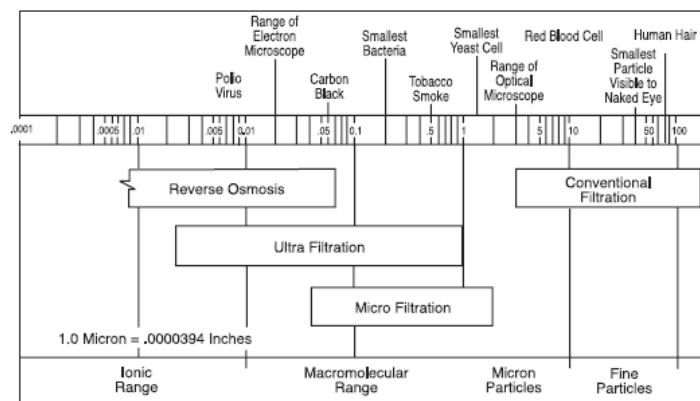


Figura 19.1- Tamanho das partículas segundo a USEPA

### 19.2 *First flush*

Há aceitação universal da existência do *first flush* no sistema de captação de telhado das águas de chuva. A poeira, folhas e detritos ficam no telhado e quando chove há o arrastamento do mesmo em torno de 10min a 20min, dependendo da intensidade de detritos que está no telhado no mínimo em três dias secos consecutivos.

Conforme Figura (19.2) podem-se observar amostras de águas pluviais de superfície impermeáveis dispostas segundo um relógio (figura de garrafas). No início existe pequena concentração; logo após a concentração é alta, para após alguns intervalos de tempo se reduzir substancialmente.



PHOTO: GORDON ENGLAND

**Figura 19.2 - Amostradores de qualidade da água pluviais. Início da precipitação com a garrafa marrom (posição do relógio a 45min). Fonte: TUCCI, (2001)**

Há acordo universal de que esta água deve ser jogada fora e a mesma é denominada de *first flush* ou carga de lavagem ou primeira água. O desacordo mundial está em quantificar a água que deve ser jogada fora, se será 0,4mm ou 1mm ou 8,5mm.

O Estado do Texas recomenda que o *first flush* seja de 0,4mm a 0,8mm, ou seja, 0,4 litros/m<sup>2</sup> de telhado a 0,8 litros /m<sup>2</sup> de telhado. Dacach, 1990 usa 0,8 a 1,5 litros/m<sup>2</sup>. Na Flórida usa-se comumente 0,4litros/m<sup>2</sup>

Comparando-se o *first flush* nos telhados com o *first flush* nas ruas temos as seguintes observações:

- De modo geral os telhados apresentam mais declividades que as ruas
- De modo geral os telhados são feitos de diversos materiais, enquanto que na ruas são poucos tipos.
- De modo feral dos telhados são mais lisos que as ruas.
- De modo geral o tempo de concentração de um telhado é de 5min.

### 19.3 Transporte de sedimentos

Vamos recordar as teorias de Sartor e Boyd sobre transporte de sedimentos.

O transporte de sedimentos está associado ao transporte de poluentes, o que nem sempre acontece. A teoria do transporte de sedimentos se dá através de uma curva exponencial, pois no início das precipitações o transporte de sedimentos é grande e depois vai abaixando e como se supõe que o sedimento carrega consigo os poluentes, todos os poluentes vão sendo carreados. As pesquisas efetuadas mostraram que nem sempre isto é verdade, pois certos poluentes demoram mais para serem carreados.

O polutograma ou polutógrafo é o gráfico do escoamento superficial para o transporte de sedimentos na unidade do tempo conforme exemplo da Figura (19.2).

Há duas situações no transporte de sedimentos: a primeira é quando o sedimento está depositado (*buildup*) e depois o seu transporte (*washoff*).

- A deposição dos sedimentos (*buildup*) é o processo pelo qual há acumulação da deposição seca nas áreas impermeáveis.
- A lavagem (*washoff*) é o processo pelo qual a deposição seca acumulada é removível pela chuva e pelo *runoff* e é incorporada ao escoamento do fluido.

Os sólidos suspensos são aqueles que podem ser removidos por amostras e baseado em processos existentes.

### 19.5 Modelo de transporte de sedimentos

Wanielista in AKAN, (1993) desenvolveu um modelo para transporte de sedimentos para áreas impermeáveis considerando a intensidade da chuva e a sua duração, bem como a carga inicial de sedimentos e a textura do solo.

$$P_2 = P_1 \cdot e^{-k \cdot ra \Delta t}$$

Sendo:

$P_1$  = carga inicial do sedimento em kg no instante  $t_1$

$P_2$  = carga de sedimento em kg transportado na superfície no instante  $t_2$ .

$k$  = constante de proporcionalidade ( /mm)

$ra$  = média do *runoff* em (mm/h) durante o intervalo de tempo  $\Delta t$

$\Delta t$  = intervalo de tempo (h)

$e = 2,71828...$

$\Delta P = P_1 - P_2$

### Concentração de poluentes

$$C = \Delta P \times 1000 / \Delta V$$

$C$  = concentração do poluente (mg/litro)

$\Delta P$  = peso do sólido levado pelo escoamento superficial durante o tempo  $\Delta t$  (kg)

$\Delta V$  = volume do escoamento superficial durante o tempo  $\Delta t$  (m<sup>3</sup>)

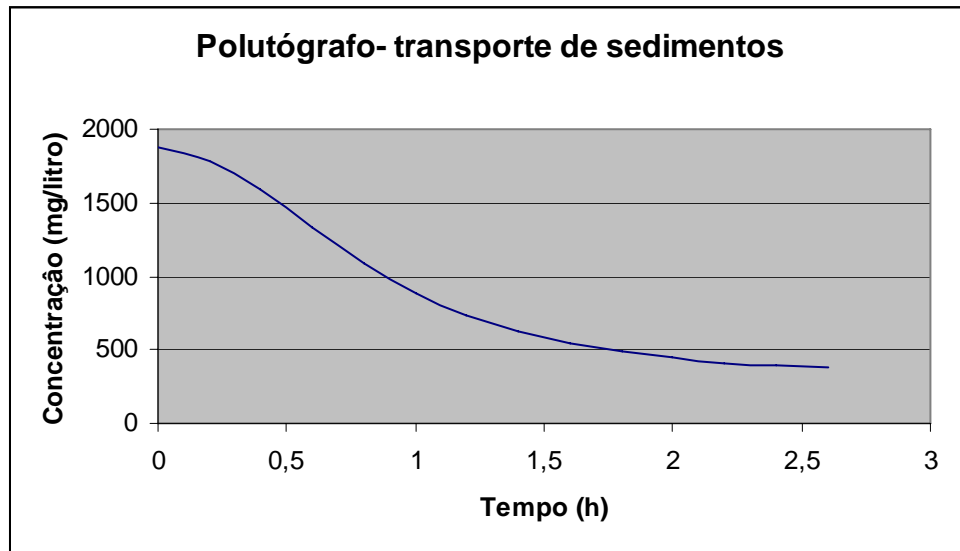
### Valor do expoente k

O valor de  $k$  deverá ser obtido em campo, sendo isto recomendado por Pitt em 1987. Os valores usuais de  $k$  estão na Tabela (19.1).

**Tabela 19.1- Valores de k para áreas impermeáveis e permeáveis.**

Transporte de sedimentos ( <i>washoff</i> )	Valores de k	Sugestões dos autores
Áreas impermeáveis	0,180/mm	Wanielista, 1978 in Akan, (1993)
Áreas permeáveis	0,055/mm	

Fonte: AKAN, (1993).



**Figura 19.2- Exemplo de Polutógrafo- transporte de sedimentos**

### 19.6 Polutógrafo segundo VORTECHNICS, (1997)

VORTECHNICS, (1997) cita o modelo desenvolvido por Sartor e Boyd em 1972 para transporte de sedimentos para áreas impermeáveis considerando a intensidade da chuva e a sua duração, bem como a carga inicial de sedimentos e a textura do solo.

$$P_2 = P_1 \cdot e^{-k \cdot r \cdot t}$$

Sendo:

$P_1$ = carga inicial do sedimento em kg no instante  $t_1$

$P_2$ = carga de sedimento em kg transportado na superfície no instante  $t_2$ .

$k$ = constante de proporcionalidade (/mm) sendo o valor típico  $k=0,18/\text{mm}$  conforme Tabela (19.2)

$r$ = intensidade da chuva (mm/h)

$t$ = tempo de duração da chuva (h)

$e= 2,71828\dots$

**Tabela 19.2- Valores de k recomendados em VORTECHNICS, (1997)**

Transporte de sedimentos ( <i>washoff</i> )	Valores de k	Diâmetros das partículas	Sugestões dos autores
Máximo	0,180/mm	> 250 $\mu\text{m}$	Sartor e Boyde
Médio	0,103/mm	100 $\mu\text{m}$ a 250 $\mu\text{m}$	Novotny
Mínimo	0,026/mm	< 45 $\mu\text{m}$	Novotny

**DICA-** Pitt em 1987 recomenda que o valor de k deve ser obtido no projeto específico.

A VORTECHNICS, (1997) apresentou ainda o fator de avaliabilidade “A” que leva em conta a intensidade da chuva para o transporte de sedimentos conforme estudos feitos por *Novotny e Chesters* em 1981. A Universidade do Texas em 1993 achou correlação positiva entre a carga de poluentes e a intensidade da chuva conforme documentado por *Horner* em 1990 in VORTECHNICS, (1997).

$$A = 0,057 + 0,04 \times r^{1,1}$$

Sendo:

A= fator de avaliabilidade (adimensional)  $A \leq 1$

r= intensidade da chuva (mm/h)

O valor máximo admitido de  $A=1$  e para  $r=18\text{mm/h}$ . Então toda precipitação que tem intensidade maior que  $18\text{mm/h}$ , o valor de  $A$  será igual a 1.

Na equação

$$P_2 = P_1 \cdot e^{-k \cdot r \cdot t}$$

A intensidade da chuva é multiplicada pelo fator de avaliabilidade  $A$ .

$$P_2 = P_1 \cdot e^{-k \cdot r \cdot t \cdot A} \quad (\text{Se } r > 18\text{mm/h} \text{ então } A=1)$$

### Exemplo 19.1

Supondo precipitação de 2h na RMSP seguindo hietograma de Huff, primeiro quartil e com 50% de probabilidade e precipitação de Martinez e Magni de 1999,  $T_r= 10$ anos e usando  $k=0,103/\text{mm}$ . Supor que temos depositado 100kg de sedimentos antes da chuva.

Achamos para 80% o valor de 20mm de precipitação acumulada.

**Tabela 19.3- Aplicação na RMSP de chuva de 2h para o transporte de sedimentos baseado em VORTECHNICS, (1997)**

precipit (mm)	(h)	Intensidade r (mm/h)	Duração (h)	Prof. Acumulada (mm)	Fator A	N	Transporte cumulativo (%)
0	0,0417	0	0,0417	0,00	0,06	100,0	0
2,17	0,0833	51,94	0,0417	2,17	1,00	80,0	20,0
2,17	0,1250	51,94	0,0417	4,77	1,00	64,0	36,0
2,60	0,1667	62,33	0,0417	7,36	1,00	49,0	51,0
2,60	0,2083	62,33	0,0417	11,77	1,00	37,5	62,5
4,40	0,2500	105,62	0,0417	16,17	1,00	23,8	76,2
4,40	0,2917	105,62	0,0417	21,66	1,00	15,1	84,9
5,49	0,3333	131,59	0,0417	27,15	1,00	8,6	91,4
5,49	0,3750	131,59	0,0417	30,90	1,00	4,9	95,1
3,75	0,4167	90,03	0,0417	34,66	1,00	3,3	96,7
3,75	0,4583	90,03	0,0417	38,41	1,00	2,3	97,7
3,75	0,5000	90,03	0,0417	42,16	1,00	1,5	98,5
3,75	0,5417	90,03	0,0417	44,55	1,00	1,0	99,0
2,38	0,5833	57,14	0,0417	46,86	1,00	0,8	99,2
2,31	0,6250	55,41	0,0417	48,74	1,00	0,6	99,4
1,88	0,6667	45,02	0,0417	50,54	1,00	0,5	99,5
1,81	0,7083	43,29	0,0417	52,13	1,00	0,4	99,6
1,59	0,7500	38,09	0,0417	53,64	1,00	0,4	99,6
1,52	0,7917	36,36	0,0417	54,66	1,00	0,3	99,7
1,01	0,8333	24,24	0,0417	55,67	1,00	0,3	99,7
1,01	0,8750	24,24	0,0417	56,68	1,00	0,3	99,7
1,01	0,9167	24,24	0,0417	57,69	1,00	0,2	99,8
1,01	0,9583	24,24	0,0417	58,63	1,00	0,2	99,8

0,94	1,0000	22,51	0,0417	59,49	1,00	<b>0,2</b>	<b>99,8</b>
0,87	1,0417	20,78	0,0417	60,36	1,00	<b>0,2</b>	<b>99,8</b>
0,87	1,0833	20,78	0,0417	61,23	1,00	<b>0,2</b>	<b>99,8</b>
0,87	1,1250	20,78	0,0417	62,02	1,00	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,79	1,1667	19,05	0,0417	62,81	1,00	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,79	1,2083	19,05	0,0417	63,39	1,00	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,58	1,2500	13,85	0,0417	63,97	0,78	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,58	1,2917	13,85	0,0417	64,40	0,78	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,43	1,3333	10,39	0,0417	64,84	0,58	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,43	1,3750	10,39	0,0417	65,27	0,58	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,43	1,4167	10,39	0,0417	65,70	0,58	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,43	1,4583	10,39	0,0417	66,14	0,58	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,43	1,5000	10,39	0,0417	66,57	0,58	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,43	1,5417	10,39	0,0417	67,00	0,58	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,43	1,5833	10,39	0,0417	67,43	0,58	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,43	1,6250	10,39	0,0417	67,87	0,58	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,43	1,6667	10,39	0,0417	68,30	0,58	<b>0,1</b>	<b>99,9</b>
0,43	1,7083	10,39	0,0417	68,59	0,58	0,0	100,0
0,29	1,7500	6,93	0,0417	68,88	0,39	0,0	100,0
0,29	1,7917	6,93	0,0417	69,17	0,39	0,0	100,0
0,29	1,8333	6,93	0,0417	69,46	0,39	0,0	100,0
0,29	1,8750	6,93	0,0417	69,60	0,39	0,0	100,0
0,14	1,9167	3,46	0,0417	69,75	0,21	0,0	100,0
0,14	1,9583	3,46	0,0417	69,89	0,21	0,0	100,0
0,14	2,0000	3,46	0,0417	70,03	0,21	0,0	100,0
0,14							
72,20							

### 19.6 Polutógrafo segundo WANIELISTA, (1997).

WANIELISTA, (1997) desenvolveu um modelo para transporte de sedimentos para áreas impermeáveis considerando a intensidade da chuva e a sua duração, bem como a carga inicial de sedimentos e a textura do solo.

$$P_2 = P_1 \cdot e^{-c \cdot R}$$

Sendo:

$P_1$  = carga inicial do sedimento no instante  $t_1$  (kg)

$P_2$  = carga de sedimento transportado na superfície no instante  $t_2$  (kg).

$c$  = coeficiente de transporte que depende do poluente e do uso do solo (1/mm) que estão na Tabela (19.4).

$R$  = chuva excedente acumulada no tempo  $t$  (mm).

$t$  = intervalo de tempo (h)

$e$  = 2,71828...

## Exemplo 19.2

**Tabela 19-4- Coeficiente de transporte “c” segundo o uso do solo e o poluente em (/mm)**

Poluente	Valores do coeficiente de transporte “c” (/mm)			
	Residencial	Estradas	Comércio	Apartamentos
Nitrogênio Total (NT)	0,111	0,088	0,104	0,081
Fósforo total (PT)	0,104	0,091	0,108	0,065
Carbono total (CT)	0,094	0,103	0,096	0,076
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	0,101	0,107	0,111	0,091
Sólidos suspensos	0,103	0,080	0,108	0,117
Chumbo total	-	0,085	0,116	0,083
<b>Média</b>	<b>0,103</b>	<b>0,093</b>	<b>0,107</b>	<b>0,086</b>
Área (ha)	16,32	23,32	8,16	5,88
AI (%)	6	18	98	44
Tempo de concentração (min)	110	13	7	4

Fonte: Wanielista and Yousef, 1993 in WANIELISTA, (1997)

A Tabela (19.5) apresenta a aplicação de Wanielista usando valores médios de “c” e calculando a chuva excedente “R” para a fração desejada.

**Tabela 19.5- Chuva excedente obtida com dados de pesquisas de Wanielista e Yousef, 1993 in WANIELISTA, (1997).**

Fração do material transportado	Coeficiente c adotado (/mm)	Tipo de uso do solo	Chuva excedente acumulada R (mm)	Valor máximo da chuva excedente R (mm)
0,8 (80%)	0,103	Área residencial	16	<b>19</b>
	0,093	Área em estradas	17	
	0,107	Área comercial	15	
	0,086	Área de prédios de apartamentos	19	

Tendo o valor de “R” e de “c” podemos facilmente aplicar a Equação  $P_2 = P_1 \cdot e^{-c \cdot R}$

### 19.6 Pesquisas de Terry Thomas e Brett Martinson

Os pesquisadores Thomas e Martinson quantificaram o fenômeno do *first flush* no seu trabalho publicado na *University of Warwick Coventry- UK* cujos valores estão resumidos na Tabela (19.6).

**Tabela 19.6- Valor de k obtido**

<b>Tipo de cobertura do telhado</b>	<b>Valor de k /mm</b>
Telhado com telhas cerâmicas longe da estrada	1,4
Telhado de cerâmica perto da estrada	0,8
<i>Aço galvanizado perto da estrada</i>	0,65 a 0,80
<i>Aço galvanizado longe da estrada</i>	1,4
Asbestos perto da estrada	0,8
Asbestos longe da estrada	1,7
<i>Telhado revestido com asfalto perto da estrada</i>	2,2
<i>Telhado revestido com asfalto longe da estrada</i>	2,2
<b>Valor conservativo a adotar</b>	<b>0,7</b>

Fonte: Thomas e Martinson

O valor mais conservativo que acharam foi  $k=0,7/\text{mm}$  que pode ser adotado na equação de Sartor e Boyd.

$$P_2 = P_1 \cdot e^{-k \cdot r \cdot t}$$

Sendo:

$P_1$ = carga inicial do sedimento em kg no instante  $t_1$

$P_2$ = carga de sedimento em kg transportado na superfície no instante  $t_2$ .

**k= constante de proporcionalidade (/mm) sendo o valor típico  $k=0,7/\text{mm}$**

r= intensidade da chuva (mm/h)

t= tempo de duração da chuva (h)

e= 2,71828...

Os autores acharam ainda a Tabela (19.7) que deve ser aplicada da seguinte maneira:

- O *first flush* do telhado existe somente após 3 dias de seca
- Selecionar um valor de unidade de turbidez (uT) desejada, como por exemplo, 20 uT
- Entrar na tabela com o valor do runoff. Exemplo casa seja 100 uT adotaremos para *first flush* de 1,5mm
- O *first flush* deve ser **lançado fora**.



**Tabela 19.7- First flush recomendados conforme turbidez do runoff e turbidez desejada**

Turbidez média do runoff (uT)	Unidade de Turbidez- uT			
	50	20	10	5
50	0	1,5	2,5	3,5
100	1	2,5	3,5	4,5
200	2	3,5	4,5	5,5
500	3,5	4,5	5,5	6,5
1000	4,5	5,5	6,5	7,5
2000	5,5	6,5	7,5	8,5

Fonte: Thomas e Martinson,

**Dica: a água do *first flush* deverá ser descartada.**

Na Tabela (19.6) observamos que a turbidez desejada varia de 50uT a 5 uT e que quanto menor é o valor uT, maior será o *first flush*.

### 19.7 Estimativa do *first flush* em telhados

Conforme Schueler, 1987 se tomarmos 90% das precipitações durante um ano obteremos o valor do *first flush* que acarretará a deposição de 80% dos sólidos totais em suspensão (TSS). Para o município de Mairiporã na Região Metropolitana da Grande São Paulo obtivemos *first flush* P=25mm.

Considerando que as pesquisas acharam para a limpeza dos telhados o tempo de 10min a 20min. Adotaremos **tc=20min**

Então podemos calcular a intensidade média de precipitação I em mm/h.

$$I=P/tc = P/(20\text{min}/60)=25 \times 60/20=75\text{mm/h}$$

### Exemplo 19.3

Vamos considerar uma indústria com área de telhado de 1000m<sup>2</sup> e localizada em São Paulo.

#### Cálculo da vazão conforme NBR 10844/89

$$Q= I \times A/60$$

Adotando intensidade de chuva para período de retorno Tr=25anos temos: I=200mm/h

$$Q= 200\text{mm/h} \times 1000\text{m}^2/60=3.333 \text{ L/min}=55,6 \text{ L/s}=\mathbf{0,0556 \text{ m}^3/\text{s}}$$

#### Coletor horizontal

Material PVC

Declividade mínima do coletor horizontal= **0,5%**

Consultando a Tabela (4.2) escolhemos tubo de diâmetro **D=300mm** de PVC.

#### Taxa de acumulação

Consideramos pesquisas feitas por Dotto, 2006 na Universidade Federal de Santa Maria mostraram alguns valores de sedimentos em superfícies asfálticas que adotaremos como se fosse de telhado.

Taxa de acumulação= 2 g/m<sup>2</sup>/dia

Área de telhado= 1000m<sup>2</sup>

Carga P<sub>1</sub>= 1000m<sup>2</sup> x 2g/m<sup>2</sup> x dia=2000g/dia

Consideremos que temos 3 (três) dias sem chuva.

Carga P<sub>1</sub>= 2000g/dia x 3 dias= 6000g= 6kg

**Usaremos a equação de Sartor e Boyd.**

$$P_2 = P_1 \cdot e^{-k \cdot r \cdot t}$$

Sendo:

P<sub>1</sub>= carga inicial do sedimento em kg no instante t<sub>1</sub>

P<sub>2</sub>= carga de sedimento em kg transportado na superfície no instante t<sub>2</sub>.

**k= constante de proporcionalidade (/mm)**

r= I= intensidade da chuva (mm/h). Supomos I=constante.

t= tempo de duração da chuva (h)

e= 2,71828...

**Cálculo da vazão Q**

Usaremos o Método Racional **Q=CIA/360**

Sendo:

A= área do telhado= 1000m<sup>2</sup>=0,1ha

I= 75mm/h

A=área em hectare= 1.000m<sup>2</sup>/10.000m<sup>2</sup>=0,1ha

C=coeficiente de runoff=0,95

Q=CIA/360= 0,95 x 75mm/hx 0,1ha/ 360=0,0198m<sup>3</sup>/s=19,8 L/s

**Cálculo do first flush do telhado**

First flush (mm )= t (min) x 60s x Q(m<sup>3</sup>/s) x 1000/área do telhado

First flush (mm )= 0,25min x 60s x 0,0198m<sup>3</sup>/s x 1000/1000m<sup>2</sup> =0,30mm

Adotaremos para a intensidade de chuva o valor de I=r=75mm/h e faremos o cálculo de P<sub>2</sub> no intervalo de 0,25min usando K=1,4/mm para telhas cerâmicas e obteremos para a remoção de 100% o valor **2,08mm**.

Para a primeira linha de remoção temos:

$$P_2 = P_1 \cdot e^{-k \cdot r \cdot t}$$

k=1,4

r=I=75mm/h

t= 0,004h=0,25min

P<sub>1</sub>=6000g

P<sub>2</sub> = 6000 . exp (-k.r.t)=6.000g x exp (-1,4 x 75mm/h x 0,004h)= 3.874,07g

A remoção será:

(P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub>) x 100/ P<sub>1</sub> = (6000-3874,07)x 100/6000=35,43%

Usaremos sempre o valor de P<sub>1</sub> para as demais linhas.

**Para a próxima linha teremos:**

t=0,008h=0,50min

P<sub>2</sub> = 6000 x exp (- 1,4 x 75 x **0,008**)= 1615,10g

(P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub>) x 100/ P<sub>1</sub> = (6000-1615,10)x 100/6000=73,08%

**Tabela 19.8- Cálculo do *first flush* do telhado cerâmico usando equação de Sartor e Boyd, 1972 e Método Racional**

Material telhado : cerâmica				Equação de Sartor e Boyd	Removeu (%)	Q=CIA/360	First flush do telhado
k (/mm)	t		Intensidade				
	(h)	(min)	(mm/h)	P <sub>2</sub>	Vazão de pico (m <sup>3</sup> /s)	mm de chuva	
		r	Material acumulado e m gramas em 3dias				
1,4	0	0,00	0	6000,00	0,00	0	0,00
1,4	0,004	0,25	75	3874,07	35,43	0,0198	0,30
1,4	0,008	0,50	75	1615,10	73,08	0,0198	0,59
1,4	0,013	0,75	75	434,76	92,75	0,0198	0,89
1,4	0,017	1,00	75	75,56	98,74	0,0198	1,19
1,4	0,021	1,25	75	8,48	99,86	0,0198	1,48
1,4	0,025	1,50	75	0,61	99,99	0,0198	1,78
1,4	0,029	1,75	75	0,03	100,00	0,0198	2,08
1,4	0,033	2,00	75	0,00	100,00	0,0198	2,38
1,4	0,038	2,25	75	0,00	100,00	0,0198	2,67
1,4	0,042	2,50	75	0,00	100,00	0,0198	2,97

O volume da caixa do *first flush* para ser esvaziado é 1,75min quando todo o material for retirado do telhado com a vazão de 0,0198m<sup>3</sup>/s.

$$V = Q \times t = 0,0198 \text{m}^3/\text{s} \times 1,75 \text{min} \times 60 \text{s} = 2,08 \text{m}^3$$

Fazendo os mesmos cálculos para valores de K para telhado em asbestos e em aço podemos fazer a Tabela (19.9).

**Tabela 19.9- Tabela resumo dos valores de K para diversos materiais e *first flush***

Material do telhado	Valor de K/mm	First flush do telhado
Valor médio de K	0,87	2,67mm
Telhas cerâmicas	1,4	2,08mm
Telhado de asbestos	1,7	1,78mm
Telha de aço	1,4	2,08mm

## 19.8 Automatização

Em Portugal a firma L.N. Neves [www.lnaguas.pt](http://www.lnaguas.pt) tem sistema completo de automação e isto engloba inclusive o *first flush* cujo tempo poderá ser escolhido pelo usuário.

Caso exista o sistema “*First Flush*”, terá que ser definido a temporização de abertura e fecho da válvula solenóide, podendo ser de 2 a 30 minutos (símbolo do reservatório com o relógio), conforme as áreas de coleta das águas da chuva.

Esta situação ocorre sempre que esteja mais que 96 horas sem chuva. No caso de haver chuvas intermédias, será efetuado sempre um *First-flush* de 2 minutos, para retirar resíduos que possam ter caído na cobertura.

### 19.8 Bibliografia e livros consultados

-DOTTO, CINTIA BRUM SIQUEIRA. *Acumulação e balanço de sedimentos em superfícies asfálticas em área urbana de Santa Maria-Rs*. Dissertação de Mestrado, 2006.

<http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/eng/research/dtu/rain/martinson-ff.pdf>

-THOMAS, TERRY E MARTINSON, BRETT. *Quantifying the first flush phenomenon*. 7 páginas. Acessado em 4 de setembro de 2006 no site.

-TOMAZ, PLÍNIO. *Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para obras municipais*. Navegar, São Paulo, 475páginas.