

## Capítulo 01-Remoção de sedimentos em bacias de detenção estendida conforme Papa, 1999.

### 1.1 Introdução

A bacia de detenção estendida é aquela projetada para deter vazões de pico de enchentes e só deixar passar a vazão de pré-desenvolvimento e melhorar a qualidade das águas pluviais. O reservatório se enche e depois esvazia num tempo determinado pelo projetista ficando depois vazio. O tempo de detenção de modo geral está entre 24h a 48h. e o período de retorno usado varia de 10anos a 25anos.

### 1.2 Eficiência da remoção

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

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

Sendo:

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

$V_s$  = velocidade de sedimentação (m/h)

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

$Q$  = vazão no reservatório ( $m^3/h$ ). Geralmente é a vazão de saída de pré-desenvolvimento.

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

Podemos ainda fazer:

$$Q/A = h_A / t_s$$

Sendo:

$h_A$  = profundidade do reservatório (m)

$t_s$  = tempo médio de detenção (h)

$t_d$  = tempo de esvaziamento do reservatório quando está cheio e não há vazão de entrada até estar completamente vazio (h)

O  $t_s$  médio de detenção das águas pluviais no reservatório é aproximadamente a média de dois extremos ( $t_s=0$  e  $t_{smax}$ ):

$$t_s = (1/2) \times t_d$$

Fazendo as substituições temos:

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

$$\eta = 1 - \left[ \left( 1 + \frac{V_s}{n \times h_A / t_s} \right)^{-n} \right]$$

$$\eta = 1 - \left[ \left( 1 + \frac{V_s \times t_d}{2 \times n \times h_A} \right)^{-n} \right]$$

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

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

$$E_d = \sum F_i \left\{ 1 - \left[ \left( 1 + \frac{V_{si} \times t_d}{2 \times n \times h_A} \right)^{-n} \right] \right\}$$

Sendo:

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

**Exemplo 1.1**

Calcular a remoção de TSS de uma área de 100ha com dados de pesquisas do Canadá, 1994 com área impermeável de 60% onde se calculou um **reservatório de detenção estendido** com 14.800m<sup>3</sup>, diâmetro da tubulação de saída adotado de D=0,30m. Profundidade de 1,40m e área as superfície de 10.571m<sup>2</sup>.

Tempo de esvaziamento

$$t = [2 \cdot A_s \cdot (y_1^{0,5} - y_2^{0,5})] / [C_d \cdot A_o \cdot (2 \cdot g)^{0,5}]$$

Cd=0,62

y<sub>1</sub>=1,40m

A<sub>o</sub>= π x D<sup>2</sup>/4= 3,1416/ 0,302/4=0,070686m<sup>2</sup>

A<sub>s</sub>=10571m<sup>2</sup>

$$t = [2 \times 10571 (1,4^{0,5} - 0^{0,5})] / [0,62 \times 0,070686 \times (2 \times 9,81)^{0,5}] = 128,870s = 35,8h$$

Nota: achamos o tempo de esvaziamento t=35,8h que é maior que 24h. Caso queiramos valor mais próximo de 24h adotariamos D=0,35m.

$$E_{di} = F_i \{ 1 - [(1 + (V_{si} \times t_d) / (2 \times n \times h_A))]^{-n}$$

Para a primeira linha F<sub>i</sub>=0,20 (20%)

$$E_{di} = 0,20 \{ 1 - [(1 + (0,000914 \times 35,8) / (2 \times 3 \times 1,40))]^{-3}$$

$$E_{di} = 0,0023$$

**Tabela 1.1- Resumo dos cálculos baseado em dados de Ontário**

Fração	(%) de massa de partículas	V <sub>s</sub> velocidade de sedimentação	tempo de esvaziamento t <sub>d</sub>	n	Profundidade reservatório h <sub>A</sub>	Eficiência por fração
(mm)	(%)	(m/h)	(h)		(m)	TSS
≤ 20mm	20	0,000914	35,8	3	1,4	0,0023
20<x≤40	10	0,0468	35,8	3	1,4	0,0420
40<x≤ 60	10	0,0914	35,8	3	1,4	0,0627
60<x≤ 0,13	20	0,457	35,8	3	1,4	0,1922
0,13<x≤ 0,40	20	2,13	35,8	3	1,4	0,1998
0,40<x≤ 4,0	20	19,8	35,8	3	1,4	0,2000
Total=	100				Soma=Ed=	0,6991
					Eficiência=	<b>69,91</b>

Conclusão: a eficiência na remoção do reservatório de detenção estendido é a soma da eficiência das frações: 69,91%

### **Exemplo 1.2**

Calcular a remoção de TSS de uma área de 100ha com dados de pesquisas nos Estados Unidos, 1986, com área impermeável de 60% onde se calculou um **reservatório de detenção estendido** com  $14.800\text{m}^3$ , diâmetro da tubulação de saída adotado de  $D=0,30\text{m}$ . Profundidade de  $1,40\text{m}$  e área superfície  $A_s=10.571\text{m}^2$ .

Nota: a diferença entre este exemplo e o anterior são as velocidades de sedimentação.

**Tabela 1.2- Resumo dos cálculos baseado em dados de USA, 1986**

<b>Fração</b>	<b>(%) de massa de partículas</b>	<b>Vs velocidade de sedimentação</b>	<b>tempo de esvaziamento td</b>	<b>n</b>	<b>h<sub>A</sub></b>	<b>Eficiência por fração</b>
	<b>(%)</b>	<b>(m/h)</b>	<b>(h)</b>		<b>(m)</b>	
1	20	0,0009	35,8	3	1,4	0,0023
2	20	0,09	35,8	3	1,4	0,1245
3	20	0,45	35,8	3	1,4	0,1919
4	20	2,1	35,8	3	1,4	0,1998
5	20	19,5	35,8	3	1,4	0,2000
Total=	100				Soma=Ed=	0,7185
					<b>Eficiência=</b>	<b>71,85</b>

**Conclusão:** a eficiência na remoção do reservatório de detenção estendido é de 71,85%

### **1.3 Bibliografia e livros consultados**

- HAAN, C.T. et al. *Design Hydrology and sedimentology for small catchments*. Academic Press, 1994, 588páginas, ISBN 13:978-0-12-312340-4
- PAPA, FABIAN et al. *Detention time selection for stormwater quality control ponds*. 31/july/1999. Can. J. Civ. Eng. 26:72-82 (1999).
- RINKER, 2004. *Particle size distribution (PSD) in stormwater runoff*.  
[http://www.rinkermaterials.com/ProdsServices/downloads/InfoBriefs\\_Series/IS%20601%20Particle%20Size%20Distribution%20\\_PSD\\_%20in%20Stormwater%20Run.pdf](http://www.rinkermaterials.com/ProdsServices/downloads/InfoBriefs_Series/IS%20601%20Particle%20Size%20Distribution%20_PSD_%20in%20Stormwater%20Run.pdf)
- TOMAZ, PLINIO. *Poluição Difusa*. Navegar Editora, 2006.
- USEPA. *Methodology for analysis of detention basins for control for urban runoff quality*. EPA 440/5-87-001 setembro 1986. Coordenado por Eugene D. Driscoll baseado n as pesquisas de Dominic M. DeToro e Mitchell Small.
- USEPA. *Stormwater Best management practice design guide*. Volume 2- Vegetative biofilters. EPA/600/R-04/121A setembro 2004.
- USEPA. *Stormwater Best management practice design guide*. Volume 3- Basin Best management practices. EPA/600/R-04/121B setembro 2004.
- USEPA. *Stormwater Best management practice design guide*. Volume 1- General Considerations EPA/600/R-04/121 setembro 2004.