

Capítulo 19-Remoção de sedimentos em bacias de detenção conforme Vetter e Creams

19.1 Introdução

Há uma grande dificuldade de se calcular com precisão a remoção de sedimentos em uma bacia de detenção que poderá ser para **uma tormenta** ou **a longo prazo** como é o caso da EPA, 1986. Vamos fazer o mais simples que é achar a deposição de sedimentos em uma tormenta que é o mais usado, sem usar softwares sofisticados. Lembremos ainda que necessitamos de pesquisas a serem feitas no Brasil.

Vamos apresentar o método de Chen,1975 que utilizou a equação de Vetter,1940 conforme Haan, et al 1994.

Para facilitar o entendimento explicaremos o método de Chen, 1975 juntamente com um exemplo.

No Exemplo queremos em reservatório achar a eficiência de remoção de sedimentos sendo dados a textura do solo de entrada, a vazão de saída e a área da superfície do reservatório.

Usaremos as equações de CREAMS (*Chemicals runoff erosion in agricultural management systems*), ou seja, as equações de Foster,1985 para determinar o diâmetro das partículas, bem como as frações das mesmas.

Os diâmetros das partículas bem como as frações dependem da textura do solo, sendo necessário possuímos a textura do solo local.

Haan et al,1994 diz que o modelo a longo prazo da EPA, 1986 apesar de mais sofisticado não apresenta maior eficiência que o modelo que iremos apresentar.

19.2 Método de Vetter

Conforme Vetter, 1940 in Haan et al, 1994 na **condição turbulenta de uma tormenta** podemos aproximadamente calcular a eficiência de sedimentação de determinada partícula usando as seguintes equações:

$$F = 1 - \exp(-V_s/V_c)$$
$$V_c = Q/A_s$$

Sendo:

F= fração de remoção (0 a 1) da partícula de velocidade de sedimentação V_s .

V_s = velocidade de sedimentação (m/s) da partícula de diâmetro D_i

V_c = taxa de *overflow* (m/s)

Q= vazão de saída ou de entrada (m^3/s)

A_s = área da superfície do lago (m^2)

Δx_i = fração de sedimento da partícula de diâmetro médio D_i

E= remoção de todas as partículas (0 a 1)

A remoção total:

$$E = \sum F_i \times \Delta x_i$$

19.3 Diâmetro das partículas e fração das partículas conforme Foster

É muito conhecido as chamadas equações de método CREAMS que é um software. Tais equações foram elaboradas por Foster et al, 1985 conforme Haan, et al 1994.

A técnica de Foster et al, 1985 define cinco classes de partículas (argila, silte, areia, agregado pequeno e agregado grande).

Haan et al, 1994 que os procedimentos do método CREAMS deve ser considerado com uma primeira estimativa, porém na prática usaremos para todos os casos devido a falta de medidas em campo.

Estas partículas possuem densidades diferentes e quanto maior, menor é a densidade conforme se pode ver na Tabela (19.1).

Tabela 19.1- Classe de partículas, diâmetros e densidades conforme Foster et al, in Haan, et al, 1994.

Classe	Diâmetro D (mm)	Densidade
Argila primária (cl)- clay	Dcl=0,002	2,65
Silte primário (si)-silte	Dsi=0,010	2,65
Areia primária (sa)- sand	Das=0,200	2,65
Agregado pequeno (sg)	Dsg=0,030 para Ocl<0,25	1,80
Agregado pequeno (sg)	Dsg=0,2 (Ocl-0,25)+0,030 para 0,25≤ Ocl ≤0,6	1,80
Agregado pequeno (sg)	Dsg=0,100 para Ocl>0,60	1,80
Agregado grande (Lg)	DLg=0,300 para Ocl≤ 0,15	1,60
Agregado grande (Lg)	DLg=2 xOcl para Ocl > 0,15	1,60
Soma		

Na Tabela (19.2) estão a textura do solo no exemplo, que tem fração de 0,36 para argila, 0,60 para silte e 0,04 para areia totalizando a unidade 1,0. Para cada caso que temos que analisar, usaremos os valores médios achados na bacia em estudo.

A grande vantagem do método CREAMS é que partimos de dados reais como a textura da Tabela (19.2).

Tabela 19.2 Valores encontrados nas águas pluviais como exemplo somente

Classe	Textura do solo do local (fornecido para o exemplo)
Argila (Ocl)	0,36
Silte (Osi)	0,60
Areia (Osa)	0,04
Total=	1,00

A Tabela (4.3) apresenta a fração de sedimentos considerando a fração de solo, podemos calcular a fração de sedimento conforme mostrado. Assim a fração da argila FcL pode ser calculada assim:

$$FcL=0,26x OcL= 0,26 x 0,36=0,094$$

Tabela 19.3-Classe de partículas, textura do solo, equações de CREAMS e fração das partículas de diâmetro médio Di.

Classe	Exemplo Fração textura do solo	As equações CREAMS da fração de sedimento Conforme Foster et al, 1985 in Han, et al 1994	Fração das partículas Δx_i
Argila primária (cL)- clay	OcL=0,36	FcL=0,26xOcL=0,26 x 0,36	0,094
Silte primário (si)-silte	Osi=0,60	Fsi=Osi - Fsg=0,2-0,18	0,216
Areia primária (sa)- sand	Osa=0,04	Fsa=Osa (1-Ocl) ⁵ =0,7(1-0,1) ⁵	0,004
Agregado pequeno (sg)		Fsg=1,8 Ocl para Ocl<0,25	
Agregado pequeno (sg)		Fsg=0,6 Ocl para Ocl>0,50	
Agregado pequeno (sg)		Fsg=0,45-0,6 (Ocl -0,25) para 0,25 ≤ Ocl ≤ 0,50	0,384
Agregado grande (Lg)		FLg=1-FcL-Fsi-Fsa-Fsg=1-0,094-0,216-0,004-0,384	0,302
Soma		Total=	1,000

Dica: com o método CREAMS obtemos as partículas médias para as cinco classificações bem como as frações de materiais.

19.4 Determinação do diâmetro das partículas

Utilizando a Tabela (19.1) podemos determinar os diâmetros das cinco partículas sugerida por Foster conforme Tabela (19.4).

Tabela 19.4- Diâmetro médio das 5 classes de partículas, conforme Foster El al, 1985 in Haan, et al, 1994.

Classe	Diâmetro D (mm)	
Argila primária (cl)- clay	Dcl=0,002	0,002
Silte primário (si)-silte	Dsi=0,010	0,010
Areia primária (sa)- sand	Dsa=0,200	0,200
Agregado pequeno (sg)	Dsg=0,030 para Ocl<0,25	
Agregado pequeno (sg)	Dsg=0,2 (Ocl-0,25)+0,030 para 0,25≤ Ocl ≤0,6	0,052
Agregado pequeno (sg)	Dsg=0,100 para Ocl>0,60	
Agregado grande (Lg)	DLg=0,300 para Ocl≤ 0,15	
Agregado grande (Lg)	DLg=2 xOcl para Ocl ≥ 0,15	0,720
Soma		

19.5 Velocidade de sedimentação conforme Lei de Stokes para partícula ≤0,1m

A velocidade de sedimentação poderá ser calculada pela equação em função do diâmetro da partícula para densidade de 2,65 e para número de Reynolds maiores que 0,5.

Haan et al, 1994 mostrou que isto não faz muita diferença pois os valores serão sempre F=1 para partículas que necessitem de cálculo mais exato da velocidade de sedimentação.

$$V_s = 0,8887 \times D^2 \quad \text{para partícula } \leq 0,1 \text{ mm}$$

Sendo:

V_s= velocidade de sedimentação (m/s)

D= diâmetro da partícula (mm)

19.6 Determinação da velocidade de sedimentação para partículas >0,1mm.

Para partículas $\leq 0,1\text{mm}$ vale a Lei de Stokes já explicada acima. Haam et al,1994 apresenta uma estimativa baseado no polinômio de Lagrange e eita por Wilson, et al, 1982 e que é para quando o número de Reynolds for maior que 0,5.

$$\log V_s = -0,34246 (\log d)^2 + 0,98912 \cdot \log d + 1,14613 \quad \text{para partícula } >0,1\text{mm}$$

Sendo:

V_s = velocidade de sedimentação em cm/s

d = diâmetro da partícula d_{50} em mm

\log = logaritmo na base 10

Pela definição de logaritmo temos o valor de V_s .

$$V_s = 10^{-0,34246 (\log d)^2 + 0,98912 \cdot \log d + 1,14613}$$

$v_s = V_s/100$

v_s = velocidade de sedimentação (m/s)

Exemplo 19.1

Calcular a velocidade de sedimentação para uma partícula com diâmetro 0,2mm

$$\log V_s = -0,34246 (\log d)^2 + 0,98912 \cdot \log d + 1,14613$$

$$\log V_s = -0,34246 (\log 0,2)^2 + 0,98912 \cdot \log 0,2 + 1,14613$$

$$\log V_s = 0,287452851$$

$$V_s = 10^{0,287452851} = 1,938442 \text{ cm/s}$$

$$v_s = V_s/100 = 1,938442/100 = 0,019384 \text{ m/s}$$

19.7 Exemplo modelo

Consideraremos a explicação com um exemplo, onde a vazão de saída é de $0,14\text{m}^3/\text{s}$ e a área da superfície do reservatório $A_s = 4000\text{m}^2$.

Então a taxa de overflow V_c será:

$$V_c = Q / A_s = 0,14 / 4000 = 0,000035\text{m/s}$$

Tabela 19.5- Cálculos de Chen com modelo turbulento

Classe	Fração de sedimentos da área permeável Δx_i	Diâmetro (mm)	Velocidade sedimentação V_s (m/s)
Argila primária (cl)- clay	0,094	0,002	0,0000036
Silte primário (si)-silte	0,216	0,010	0,0000889
Areia primária (sa)- sand	0,004	0,200	0,0193844
Agregado pequeno (sg) small aggregate	0,384	0,052	0,0024030
Agregado grande (Lg) large aggregate	0,302	0,720	0,0995507
Soma	1,000		

Tabela 19.6- Cálculos de Chen com modelo turbulento (continuação)

Vazão de entrada ou de saída Q (m ³)	Área da superfície do reservatório As (m ²)	Vc=Q/As (m/s)	F= 1 - exp(-Vs/Vc)	$\Delta x_i \times F_i$
0,14	4000	0,00003500	0,097	0,00
0,14	4000	0,00003500	0,921	0,33
0,14	4000	0,00003500	1,000	0,22
0,14	4000	0,00003500	1,000	0,01
0,14	4000	0,00003500	1,000	0,42
				Total=0,97

Portanto, a eficiência da remoção é E=0,97 (97%).

19.8 Bibliografia e livros consultados

- HAAN, C.T. et al. *Design Hydrology and sedimentology for small caachments*. 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).
- TOMAZ, PLINIO. *Poluição Difusa*. Navegar Editora, 2006.
- USEPA. *Methodology for analysis of detention basins for controlo 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.