



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H05	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do “Soil Conservation Service”	30/06/99

DP-H05

DIRETRIZES DE PROJETO PARA

ESTUDOS HIDROLÓGICOS

MÉTODO DO “SOIL CONSERVATION SERVICE”



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H05	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do "Soil Conservation Service"	30/06/99

ÍNDICE

PÁG.

1.	OBJETIVO	96
2.	ASPECTOS GERAIS	96
3.	MÉTODO DO "SOIL CONSERVATION SERVICE"	97



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H05	Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do "Soil Conservation Service"		30/06/99

1. OBJETIVO

Esta diretriz tem por objetivo a apresentação do método do "Soil Conservation Service" (SCS) para a determinação da vazão de projeto, bem como suas diretrizes e condições de aplicação nos projetos desenvolvidos para a SVP/PMSP.

2. ASPECTOS GERAIS

O Método do "Soil Conservation Service" é recomendado por traduzir, de uma maneira adequada, o funcionamento de uma bacia urbana, por calcular o tempo de concentração pelo processo cinemático para as galerias e canais existentes e projetados. Isso permite ainda que, após a elaboração do projeto hidráulico seja reavaliada a vazão de projeto com o tempo de concentração estabelecido para a velocidade de escoamento calculada para a obra de drenagem.

Tem ocorrido em alguns estudos já feitos que a vazão de projeto atinge valores elevados levando a uma situação em que a obra que está se projetando torna-se incompatível com a capacidade de escoamento das canalizações a jusante ou até dos rios principais do município (Tietê, Pinheiros e Tamanduateí). Nesses casos deve ser efetuada uma verificação desse resultado segundo outro método sintético recomendado.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H05	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do "Soil Conservation Service"	30/06/99

3. MÉTODO DO "SOIL CONSERVATION SERVICE"

Transcrição de parte do capítulo da publicação "Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo", 1995, FCTH.

O hidrograma sintético do SCS proposto no National Engineering Handbook (1985) é um hidrograma adimensional resultante da análise de um grande número de bacias nos Estados Unidos. A Tabela 3.1 e a Figura 3.1 mostram o hidrograma do SCS onde se verifica que o eixo dos tempos é expresso em frações de t_p e o eixo das vazões em frações da vazão máxima Q_p .

Tabela 3.1
Hidrograma adimensional do SCS

$t(h)$	$Q(m^3/s)$	$t(h)$	$Q(m^3/s)$	$t(h)$	$Q(m^3/s)$	$t(h)$	$Q(m^3/s)$	$t(h)$	$Q(m^3/s)$
0,00	0,00	1,00	1,00	2,00	0,28	3,00	0,06	4,00	0,01
0,20	0,10	1,20	0,93	2,20	0,21	3,20	0,04	4,20	0,01
0,40	0,31	1,40	0,78	2,40	0,15	3,40	0,03	4,40	0,01
0,60	0,66	1,60	0,56	2,60	0,11	3,60	0,02	4,60	0,00
0,80	0,93	1,80	0,39	2,80	0,08	3,80	0,02	4,80	0,00

Os principais parâmetros deste hidrograma são obtidos de um hidrograma triangular em que o parâmetro X é fixado em $5/3$, resultando portanto no valor de $C_p = 0,75$.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H05	Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do "Soil Conservation Service"		30/06/99

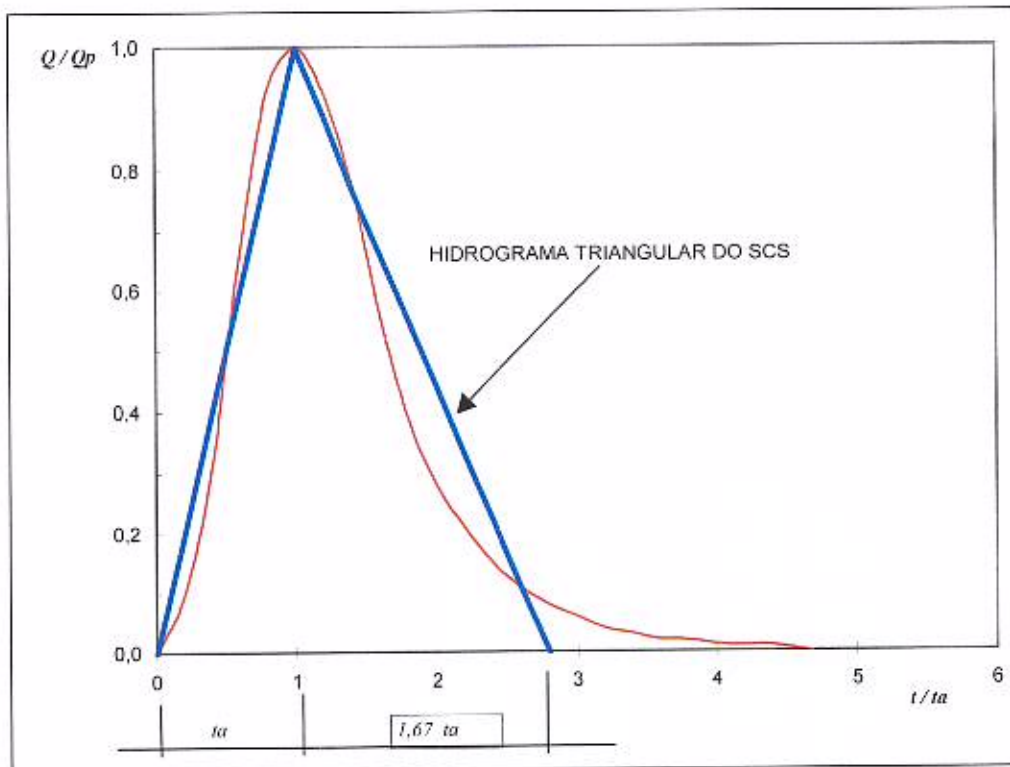


Figura 3.1
Hidrograma do SCS

As expressões que definem a forma do triângulo são:

$$t_b = 2,67 \cdot t_a \text{ ou seja } X = 1,67 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$Q_p = 2,78 \cdot 0,75 \cdot \frac{A}{t_a} = 2,08 \cdot \frac{A}{t_a} \dots\dots\dots (3.2)$$

O hidrograma em questão corresponde a uma duração de chuva unitária:



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H05	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do "Soil Conservation Service"	30/06/99

$$D = \frac{t_a}{5} \dots\dots\dots (3.3)$$

substituindo em 3.4

$$t_a = t_b + \frac{D}{2} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\frac{t_a}{t_p} = \frac{10}{9} e \frac{D}{tc} = \frac{2}{15} \dots\dots\dots (3.5)$$

ou seja:

$$D = 0,133.tc \dots\dots\dots (3.6)$$

Em outras palavras o hidrograma triangular do SCS é um hidrograma unitário de duração $D = 0,133.tc$.

Para calcular o tempo de retardamento t_p em horas, o SCS sugere a seguinte expressão para bacias até 8 km²:

$$t_p = \frac{L^{0,8} \cdot (2540 - 22,86.CN)^{0,7}}{14104.CN^{0,7} \cdot S^{0,5}} \dots\dots\dots (3.7)$$



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H05	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do "Soil Conservation Service"	30/06/99

onde:

L = comprimento do talvegue em km;

S = declividade média em m/m;

CN = número da curva da bacia.

O SCS propõe que sejam feitos ajustes no valor acima para levar em conta os efeitos da urbanização. Para tanto, recomenda que o valor de t_p seja multiplicado por um fator de ajuste, FA , dado pela expressão:

$$FA = 1 - PRCT \cdot (-6789 + 335 \cdot CN - 0,4298 \cdot CN^2 - 0,02185 \cdot CN^3) \cdot 10^{-6} \dots\dots (3.8)$$

onde:

$PRCT$ - Porcentagem do comprimento do talvegue modificado ou, então, a porcentagem da bacia tornada impermeável.

Caso ocorram ambas as modificações, o fator é calculado duas vezes, uma vez para $PRCT = PLM$ (onde PLM é a porcentagem do comprimento modificado) e outra para $PRCT = PI$ (em que PI é a porcentagem impermeabilizada da bacia).

O fator de ajuste final, FA , é obtido pela multiplicação dos dois valores anteriormente calculados.

Segundo o método do SCS, na fórmula acima deve constar o valor de CN futuro e não o valor de CN da bacia atual.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H05	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do "Soil Conservation Service"	30/06/99

A fórmula do SCS usualmente fornece valores muito grandes de t_p , o que resulta em vazões máximas muito pequenas para áreas urbanas, mesmo quando corrigidas para introduzir efeitos da urbanização. Para estas áreas recomenda-se o uso do método cinemático ou as fórmulas que serão fornecidas nos itens que se seguem.

Para bacias maiores do que 8 km^2 o SCS sugere que se calcule o tempo de concentração, t_c , pelo método cinemático e a partir deste, os valores de t_p e t_s pelas equações 3.9 e 3.10:

$$t_p = 0,6.t_c \dots\dots\dots(3.9)$$

$$t_s = \frac{D}{2} + 0,6.t_c \dots\dots\dots(3.10)$$

O hidrograma do SCS utiliza somente um parâmetro, uma vez que o valor de $X = 1,67$ é fixo o que torna constante o fator de atenuação de pico $C_p = 0,75$. Este fato torna o método pouco flexível e restringe sua aplicação a bacias com áreas na faixa de 3 a 250 km^2 , uma vez que bacias maiores tendem a apresentar maior atenuação dos picos e, portanto, valores de C_p menores do que 0,75.

Exemplo: Calcular o hidrograma unitário sintético de uma bacia com área de drenagem $A = 4 \text{ km}^2$, comprimento do talvegue = 3 km, declividade média $S = 0,03 \text{ m/m}$ e $CN = 85$. A área impermeabilizada representa 40% da bacia e 30% do comprimento total do curso d'água acha-se canalizado.

Utilizando a fórmula de t_p do SCS, tem-se:

$$t_p = \frac{3000^{0,8} \cdot (2540 - 22,86 \cdot 85)^{0,7}}{14104 \cdot 85^{0,7} \cdot 0,03^{0,5}} = 0,97 \text{ horas}$$



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS		EMITENTE
		SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS
REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H05	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do “Soil Conservation Service”	30/06/99

Corrigindo para $PLM = 30\%$ e $PI = 30\%$, obtém-se dois fatores de correção que devem ser multiplicados para obter o fator de ajuste $FA = 0,67$ ou seja:

$$t_{pc} = FA.t_p = 0,67.0,97 = 0,65 \text{ horas}$$

$$t_a = \frac{10}{9}.t_p = 0,72 \text{ horas e } D = 0,144 \text{ horas}$$

sendo $t_p = 0,6.t_c$ resulta $t_c = 1,08$ horas ou seja, a velocidade média de translação ao longo do talvegue de 3000 m é de 0,77 m/s que é muito baixa para uma bacia com estas características, confirmando a observação de que a fórmula do SCS fornece valores grandes de t_p .

$$Q_p = 2,08 \cdot \frac{4}{0,72} = 11,6 \text{ m}^3 / \text{s}$$

ou seja, a vazão máxima específica é $q_p = 2,9 \text{ l/s.km}^2$ para uma chuva unitária de 10 mm com 0,144 horas de duração.

Fazendo os mesmos cálculos utilizando as fórmulas de Denver, versão 1969, equações 3.11 e 3.12, admitindo que $L_{cg} = L/2$.

$$t_c = 0,752.C_t(L.L_{cg})^{0,3} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$C_t = \frac{7,81}{I_a^{0,75}} \dots\dots\dots (3.12)$$

$$t_c = 0,752.C_t.(3,0.1,5)^{0,3}$$



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS		EMITENTE
		SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS
REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H05	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do “Soil Conservation Service”	30/06/99

$$C_{to} = \frac{7,81}{40^{0,78}} = 0,4395$$

Corrigindo para a declividade $S = 0,03$ m/m

$$C_t = 0,4395 \cdot 0,03^{-0,2} = 0,425$$

tem-se:

$$t_p = 0,752 \cdot 0,425 \cdot 4,5^{0,3} = 0,5 \text{ horas ou seja,}$$

$$t_c = \frac{t_p}{0,6} = 0,83 \text{ horas}$$

que corresponde a uma velocidade média ao longo do talvegue de 1,0 m/s, um pouco mais condizente com as características da bacia mas ainda muito baixa.

Para o novo valor de t_p , tem-se:

$$t_s = \frac{10}{9} \cdot 0,50 = 0,55 \text{ horas}$$

$$t_b = 2,67 \cdot 0,55 = 1,46 \text{ horas}$$

$$D = 0,133 \cdot 0,83 = 0,11 \text{ horas (aproximadamente } D = 0,1 \text{ horas)}$$

$$Q_p = \frac{2,08 \cdot 4}{0,55} = 15,1 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$q_p = 3,8 \text{ m}^3 / \text{s} \cdot \text{km}^2 \text{ para } 10 \text{ mm de chuva excedente com duração } D = 0,1 \text{ horas}$$



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H05	Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do “Soil Conservation Service”		30/06/99

Utilizando agora a versão de 1982 da fórmula de Denver tem-se:

$$t_p = 0,637 \cdot 0,09 \left[\frac{3,0 \cdot 1,5}{\sqrt{0,03}} \right]^{0,48}$$

Para $I_a = 40\%$ obtém-se, da Figura 3.2, $C_t = 0,093$ e os cálculos produzem a Tabela 3.2.

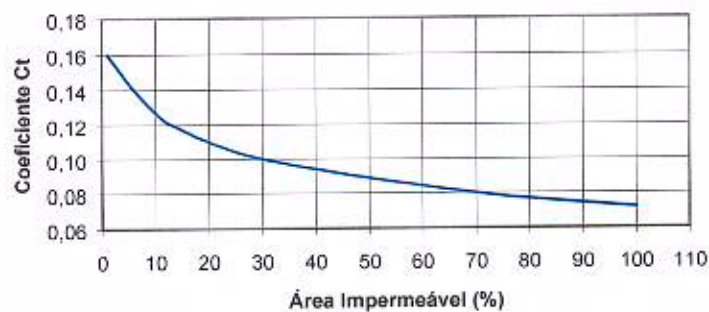


Figura 3.2

Determinação do coeficiente CT

FONTE: CUHP, apud FCTH, 1995



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H05	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método do "Soil Conservation Service"	30/06/99

Tabela 3.2

Resumo dos dados e dos cálculos efetuados

DADOS					RESULTADOS			
I_a (%)	C_t	L (km)	L_{cg} (km)	S (m/m)	T_p (horas)	t_c (horas)	D (horas)	t_a (horas)
40	0,09	3,00	1,50	0,03	0,28	0,47	0,04	0,31

O valor da vazão de pico do hidrograma unitário será:

$$Q_p = 2,08 \cdot \frac{4}{0,31} = 26,8 m^3 / s$$

A velocidade média ao longo do talvegue é de aproximadamente 1,7 m/s e a vazão máxima específica, q_p , será de $6,7 m^3/s.km^2$ para a chuva unitária de 10 mm de precipitação excedente e duração de 0,04 horas.

Para obter o hidrograma resultante de uma tormenta de projeto de intensidade variável deve-se proceder da seguinte forma:

- Discretizar o hidrograma em intervalos de tempo iguais à duração unitária;
- Obter o hidrograma de cada bloco de chuva de duração unitária;
- Somar os hidrogramas obtidos no passo anterior com defasagens iguais à duração da chuva unitária.