



Exercício 2.2 – Drenagem urbana

Para esboçar o traçado das redes de drenagem de águas pluviais, é necessário trabalhar com duas avaliações das condições locais:

- a primeira (roteiro do item 2.2.1) consiste em saber qual será o aumento da vazão superficial das águas de chuva para o ponto mais baixo do terreno;
- a segunda avaliação (roteiro do item 2.2.2) consiste em verificar até que ponto, nas proximidades dos divisores de águas do projeto, as águas poderão escoar superficialmente (aproveitando a calha da rua como condutor) e a partir de que ponto a capacidade da calha da rua será insuficiente, e será necessário, por isso, implantar galerias enterradas a partir desse ponto, descendo em direção ao córrego.

Para dúvidas de vocabulário (terminologia), consulte a nota de drenagem sobre microdrenagem urbana. Para entender melhor a pluviometria, consulte a nota de aula sobre esse tema e os manuais da Prefeitura de São Paulo que estão disponibilizados no E-disciplinas.

2.2.1 Verificação da vazão adicional que chegará ao córrego

Determinação da vazão de projeto (Q) que chegará até ponto mais baixo do terreno, no canto noroeste do terreno, onde a contribuição de águas pluviais da área de projeto é máxima.

Essa vazão seria utilizada para verificação do impacto da urbanização da gleba sobre as áreas a jusante (a vazão adicional deve-se à impermeabilização do terreno). O cálculo da vazão Q é similar ao que já foi visto na disciplina de hidráulica, utilizado para dimensionamento de condutos de águas pluviais em edificações. É necessário, porém, o acréscimo de um fator “ C ” que corresponde ao fato de que, ao contrário do que se espera de um telhado, parte das águas do terreno se infiltra e apenas uma outra parte escoar superficialmente. Definida essa vazão, a verificação da capacidade do córrego seria feita pelo método dos condutos livres, já visto também na disciplina de hidráulica (não temos os elementos para proceder a essa verificação, o exercício para na definição da vazão Q).

Deve ser calculada a vazão Q em três situações:

- com o terreno não utilizado (situação de referência para definição do impacto da urbanização);
- ocupação controlada (hipótese do projeto) e
- ocupação não controlada (muito intensa – correspondendo ao maior impacto possível).

A diferença entre a situação de referência (terreno não ocupado) e as duas situações de ocupação representa a vazão adicional em cada caso (teremos então dois cenários de ocupação – controlada e não controlada).

Para o cálculo da vazão Q , em litros por segundo (l/s), utiliza-se o método racional, adequado a pequenas bacias de contribuição, pela fórmula a seguir

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

onde:

- Q = vazão de projeto no ponto baixo crítico - em litros por segundo (l/s);
- C = coeficiente de escoamento superficial direto (um número adimensional) médio da área de contribuição;
- i = precipitação – em milímetros por segundo (mm/s);
- A = Área de contribuição do ponto considerado

2.2.2. Cálculo de A

A área de contribuição (A) corresponde à bacia ou à soma das bacias de contribuição do ponto do terreno que está sendo analisado. Ela varia, portanto, em cada ponto do sistema viário, e será máxima, igual à área do terreno, no ponto analisado no item 2.2.1 e crescente conforme nos distanciarmos do divisor de águas (alinhamento da Avenida Pirâmide).

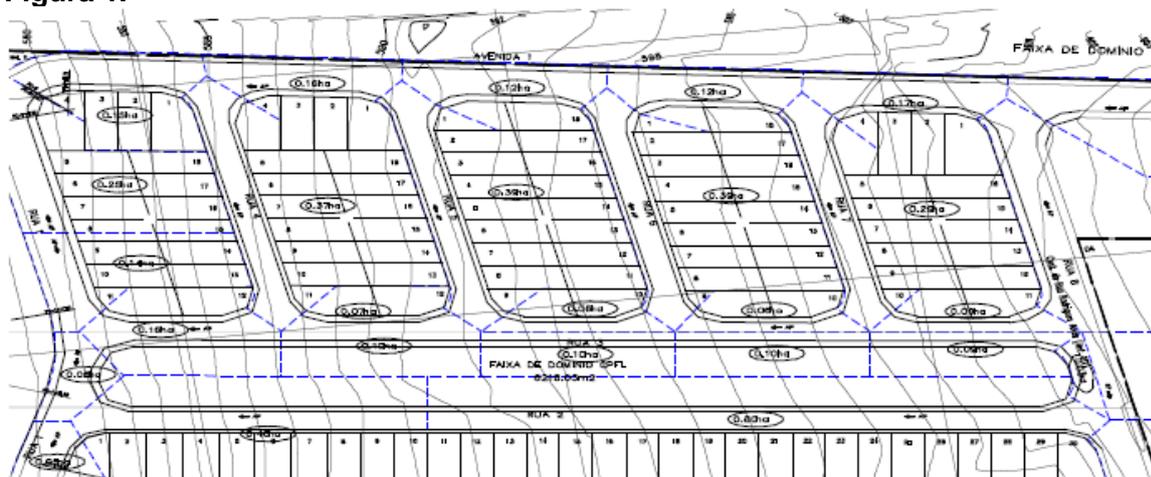
Essas bacias de contribuição já considera as alterações produzidas no terreno pela implantação do sistema viário. O caminho natural das águas é definido pela máxima declividade do terreno em cada ponto. O sistema viário funciona como se fosse um conjunto de “calhas” implantadas sobre o terreno, que intercepta esse caminho natural e concentra as águas em outras ruas, a jusante, até um ponto mais baixo no projeto.

No interior das quadras, pode-se considerar que a declividade do terreno natural ainda tem um efeito, porém as divisas de lote interceptam também o caminho das águas. Assim, simplificaremos o problema adotando a ideia de que, conforme a inclinação do terreno, em um determinado lote as águas escoam para a frente, para os fundos ou para uma lateral.

Em lotes de esquina, adotaremos uma simplificação maior ainda, estabelecendo uma linha (fictícia e arbitrária) de 45° de inclinação com os eixos viários (ou bissetriz do ângulo, em esquinas não ortogonais) para dividir as bacias de contribuição de duas ruas que se cruzam.

O resultado desse caminhamento das águas modificado pela implantação de ruas e lotes pode ser visualizado pelas linhas tracejadas em azul na figura 1, a seguir.

Figura 1.



2.2.3. Cálculo de C

O coeficiente de escoamento superficial direto C pode ser extraído diretamente de uma tabela que correlaciona escoamento superficial com usos do solo.

Valores do coeficiente de escoamento superficial direto (C) adotados pela Prefeitura do Município de São Paulo

ZONAS	C
Edificação muito densa: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
Edificação não muito densa: Partes adjacente ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
Edificações com poucas superfícies livres: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 - 0,50
Subúrbios com alguma edificação: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
Matas, parques e campos de esporte: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	0,05 - 0,20

Fonte: PMSP/FCTH, 1999.

Para o cenário sem ocupação e para o e ocupação muito densa podem ser utilizados valores uniformes de C para toda a área considerada. Para o cenário O C da área de contribuição será a média dos coeficientes parciais de cada uso do solo, ponderada pelas respectivas áreas:

$$C_{\text{total}} = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + \dots + C_n \times A_n}{A_{\text{total}}}$$

2.2.4. Cálculo de i

A intensidade de precipitação i será obtida na Tabela 2, a partir da altura de chuva $h_{t,T}$, que é a altura em milímetros de uma chuva de duração t, para um período de retorno T. Para pequenas bacias, utilizaremos o menor valor de t disponível na tabela, que é de 15 minutos, e o tempo de retorno de 10 anos, aceitável para microdrenagem de vias secundárias, conforme indicado na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 – Tempos de retorno usuais em função do uso e características do sistema

Características do sistema	Tr (anos)
Microdrenagem	2 a 10
Macro-drenagem	25 a 50
Grandes corredores de tráfego e áreas vitais para a cidade	100
Áreas onde se localizam instalações e edificações de uso estratégico, como hospitais, bombeiros, polícia, centros de controle de emergências, etc.	500
Quando há risco de perdas de vidas humanas	100 (mínimo)

Fonte: PMSP-SMDU/FCTH, 2012.

Tabela 2 – Altura de chuva acumulada (h), em mm, no extremo sul da zona urbana do município de São Paulo - em função dos tempos de duração (t) e dos períodos de retorno (T)

h_{1d}	cv	AR CS - Extremo Sul da Zona Urbana do Município de São Paulo					
75	0,35	Altura de Chuva Acumulada					
t - Tempo de duração		T - Período de Retorno (anos)					
(h)	(min)	2	5	10	25	50	100
0,25	15	23,9	33,9	40,5	48,8	55,0	61,2
0,5	30	30,3	42,9	51,3	61,9	69,8	77,6
0,75	45	34,0	48,3	57,7	69,7	78,5	87,3
1	60	36,8	52,2	62,5	75,4	84,9	94,4
2	120	44,1	62,6	74,8	90,3	101,8	113,1
3	180	48,9	69,4	82,9	100,0	112,7	125,3
6	360	58,1	82,4	98,4	118,8	133,9	148,8

Atenção, na tabela a letra "h" é utilizada para altura (em mm) e como unidade de tempo – abreviatura de hora
 Fonte: PMSP-SVP, 1999

O cálculo da intensidade i corresponderá então à altura de chuva ht,T , em mm, dividida pela duração t , em minutos. O resultado deverá ser ajustado às unidades usuais de vazão, litros por segundo (l/s), considerando que $mm \times m^2 = \text{litro (l)}$ e que $1 \text{ minuto} = 60 \text{ segundos}$.

Cálculo da vazão: os valores de C , i e A entram, finalmente, na fórmula já vista, $Q = C.i.A$.

2.2.5. Verificação dos limites de áreas de escoamento superficial

Trata-se uma operação parecida com a feita em utilizando os valores médios de C (para a situação do projeto) e de i , a pluviosidade, só que agora aplicados a áreas contadas a partir dos divisores de águas entre áreas de contribuição.

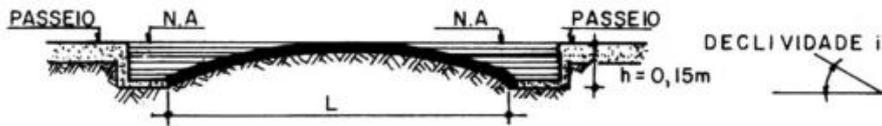
A diferença é que partiremos de uma vazão Q , determinada (ver Quadro 1, a seguir) pela seção da rua (L) e pela declividade longitudinal que, atenção! também é denominada "i".

Encontra-se, assim, o valor de A máximo para uma vazão Q e procura-se encontrar, a partir da configuração dos divisores de águas e das áreas de contribuição das ruas, uma seção da rua que tenha aproximadamente essa área A máxima a montante de si. Nessa seção deverão ser previstas caixas de captação (bocas de lobo) e a partir dessa captação deverá ser prevista galeria de águas pluviais, que continua até a caixa. Para saber a distância até as próximas bocas de lobo, bastaria repetir a operação com a área de contribuição a jusante das primeiras bocas de lobo (não é necessário fazer isso).

Para completar o estudo de concepção de drenagem, seria necessário dimensionar as galerias (diâmetros e declividades das tubulações), utilizando-se o através do método de condutos livres, já visto na disciplina de hidráulica. Esse processo de dimensionamento envolve a consideração de declividades e velocidades mínimas e máximas, parâmetros dos materiais utilizados e outros, e não iremos aprendê-lo na disciplina.

Quadro 1

Tabela para cálculo de capacidade de escoamento de ruas em função de sua Caixa Padrão.



Hipótese - A calha da rua transportará água até encher toda a calha sem extravasar pelos passeios. A flecha admitida para todas as ruas é 15cm. Estamos pois no caso A.

Capacidade (l/s) de uma rua em função de sua largura (L) e sua declividade longitudinal (i %)

declividade longitudinal i		L=6 (m)	L=8 (m)	L=10 (m)	L=12 (m)	L=14 (m)	L=16 (m)
%	m/m						
1	0,005	171	232	294	355	417	478
	0,010	242	328	415	502	589	676
	0,015	296	402	509	615	722	829
2	0,020	342	465	588	711	834	957
	0,025	382	520	657	795	932	1070
3	0,030	419	569	720	870	1021	1172
	0,035	452	615	777	940	1103	1266
4	0,040	484	657	831	1005	1179	1353
	0,045	513	697	882	1066	1251	1436
5	0,050	541	735	929	1124	1319	1513
	0,055	567	771	975	1179	1383	1587
6	0,060	593	805	1018	1231	1444	1658
	0,065	617	838	1060	1281	1503	1725
7	0,070	640	870	1100	1330	1560	1791
	0,075	663	900	1138	1377	1615	1853
8	0,080	684	930	1176	1422	1668	1914
	0,085	705	958	1212	1465	1719	1973
9	0,090	726	986	1247	1508	1769	2030
	0,095	746	1013	1281	1549	1818	2086
10	0,100	765	1040	1314	1590	1865	2140
	0,105	784	1065	1347	1629	1911	2193
11	0,110	803	1090	1379	1667	1956	2245
	0,115	821	1115	1410	1705	2000	2295
12	0,120	838	1139	1440	1741	2043	2345

Por fim, deveria ser feita a verificação de velocidades máximas admissíveis nas sarjetas, porém em função das pequenas dimensões das áreas de contribuição e da configuração e declividades do terreno, assumiremos que essa verificação não é necessária.

Referências

Bonnecarrere, Joaquin - **Microdrenagem**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Disciplina PHA 3337 – Água em Sistemas Urbanos – Aula 3. Apresentação ppt. Disponível em https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4040922/mod_resource/content/1/PHA%203337%20-%20Aula%203%20-%20Microdrenagem.pdf