

A DRENAGEM URBANA COMO ÁREA DE ATUAÇÃO DA AGRIMENSURA

URBAN DRAINAGE AS A AREA OF EXPERTISE SURVEY

Anderson Fernando Rocha¹
Álvaro José Back²

RESUMO

A crescente urbanização observada no Brasil tem aumentado a demanda por projetos de drenagem urbana. Na concepção e implantação de um sistema de drenagem urbana observa-se que muitas vezes os projetos são executados sem observar os critérios hidrológicos ou hidráulicos básicos. Muitas vezes esses projetos são dimensionados de forma expedita, com a adoção de coeficientes médios, sem uma análise detalhada das condições do projeto. Este trabalho tem por objetivo destacar os passos para o dimensionamento de um sistema de drenagem, constando no projeto estudos hidrológicos e estudos hidráulicos. Também será demonstrada a forma de acompanhamento da implantação do projeto. No trabalho fica demonstrada a importância do profissional de Engenharia de Agrimensura como membro de equipe multidisciplinar para atuar na área de drenagem urbana. O Engenheiro Agrimensor, por ter disciplinas de Hidrologia, Hidráulica, Saneamento, Planejamento Urbana, Cadastro, além do conhecimento em topografia constitui-se em um profissional de importância fundamental para todas as etapas do projeto de drenagem, com o levantamento do terreno natural para a determinação das declividades existentes, e locação das bocas de lobo e o mais importante no nivelamento dos trechos do sistema de drenagem para que sejam respeitadas as declividades de projeto.

Palavras-chave: Drenagem Urbana, Topografia, Hidrologia, Hidráulica.

ABSTRACT

Increasing urbanization observed in Brazil has increased the demand for urban drainage projects. Can be seen that in the design and implementation of an urban drainage system, projects are often executed without observing the basic criteria hydrologic or hydraulic. Often these projects are scaled expeditiously with the adoption of average coefficients, without a detailed analysis of project conditions. This paper aims to highlight the steps for designing a drainage system, consisting in the project hydrological and hydraulic studies. It will also be shown how to monitor the implementation of the project. At work is demonstrating the importance of professional Engineering Surveying as a member of the multidisciplinary team to work in the field of

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia de Agrimensura – UNESC (Universidade do Extremo Sul Catarinense), e-mail: andersonfernandor@hormail.com

² Eng. Agrônomo, Dr. Engenharia, Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri, Professor da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC; e-mail: ajb@unesc.net.

urban drainage. The Engineer Surveyor, having disciplines of hydrology, hydraulics, Sanitation, Urban Planning, Cadastre, and knowledge in topography is in a professional of fundamental importance to all stages of the drainage project, with the lifting of the natural terrain to determination of existing slopes, and leasing of the mouths of wolf and more important in leveling the stretches of the drainage system for ensuring compliance with the steepness of the project.

Keywords: Urban Drainage, Topography, Hydrology, hydraulics

1. Introdução

O acelerado processo de urbanização ocorrido nas últimas décadas, notadamente nos países em desenvolvimento, dentre os quais o Brasil, é o principal fator responsável pelo agravamento dos problemas relacionados às inundações nas cidades, aumentando a frequência e os níveis das cheias.

Isto ocorre devido à impermeabilização crescente das bacias hidrográficas, e a ocupação inadequadas regiões ribeirinhas aos cursos d'água. Além disso, a inexistência de Planos Diretores de Drenagem Urbana, que procurem equacionar os problemas de drenagem sob o ponto de vista da bacia hidrográfica, a falta de mecanismos legais e administrativos eficientes, que permitam uma correta gestão das consequências do processo de urbanização sobre as enchentes urbanas e a concepção inadequada da maioria dos projetos de drenagem urbana, contribuem para o agravamento do problema (FCTH, 1999).

O sistema de drenagem faz parte do conjunto de infraestruturas existentes em uma área urbana, assim como as redes de água, de esgotos sanitários, de cabos elétricos e telefônicos, além de iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques, áreas de lazer, e outros. Em relação aos demais sistemas, o sistema de drenagem apresenta como diferencial o fato do escoamento das águas das tormentas sempre ocorrerá, independente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores. Outra característica, de certo modo única, do sistema de drenagem é a sua solicitação não permanente, isto é durante e após a ocorrência de tormentas, contrastando com outros melhoramentos públicos que são essencialmente de

uso contínuo (FCHT, 1999).

O sistema tradicional de drenagem urbana deve ser considerado como composto por dois sistemas distintos que devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados: o Sistema Inicial de Drenagem e o Sistema de Macro-drenagem.

O Sistema Inicial de Drenagem ou de Micro-Drenagem, é aquele composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais, também, canais de pequenas dimensões. Esse sistema é dimensionado para o escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno. Quando bem projetado, e com manutenção adequada, praticamente elimina as inconveniências ou as interrupções das atividades urbanas que advém das inundações e das interferências de enxurradas.

Já o Sistema de Macro-drenagem é constituído, em geral, por canais (abertos ou de contorno fechado) de maiores dimensões, projetados para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. Do seu funcionamento adequado depende a prevenção ou minimização dos danos às propriedades, dos danos à saúde e perdas de vida das populações atingidas, seja em consequência direta das águas, seja por doenças de veiculação hídrica.

A urbanização tem potencial para aumentar tanto o volume quanto as vazões do escoamento superficial direto. A influência da ocupação de novas áreas deve ser analisada no contexto da bacia hidrográfica na qual estão inseridas, de modo a se efetuarem os ajustes necessários para minimizar a criação de futuros problemas de inundações.

Um projeto de drenagem quando mal dimensionado pode comprometer a obra ou ter os custos superdimensionados. O projeto de drenagem requer cálculos hidrológicos e hidráulicos com metodologias específicas para cada tipo de projeto. Essas metodologias exigem o levantamento de informações de campo e cálculos de escritório que devem ser realizados de forma criteriosa, e exigem que o profissional tenha capacitação para fazer a análise criteriosa do projeto.

Na prática, a competição do mercado de trabalho e rotina de trabalhos dos profissionais e empresas que realizam estes projetos, faz com que os projetos sejam

dimensionados sem o levantamento das informações necessárias, usando-se de conhecimentos práticos ou valores regionais. Nestas circunstâncias os projetos não são concebidos de forma correta e muitas vezes são necessárias adaptações na sua implantação, de tal forma que não atingem a eficiência desejada.

Com relação à condução das águas provenientes das precipitações deve-se fazer um estudo da topografia da área de implantação, estudo do ciclo hidrológico na região, assim como revisão de todos os componentes hidráulicos conforme as literaturas existentes. Análise da evolução cartográfica de forma a entender e posicionar as drenagens urbanas existentes.

Este trabalho descrever as etapas do dimensionamento e execução de um projeto de drenagem urbana demonstrar a importância do levantamento planialtimétrico nos projetos de drenagem urbana.

2. Material e métodos

2.1. Área em estudo

A área em estudo (Figura 1) localiza-se no município de Criciúma, a margem da Rodovia SC-447 que liga a cidade Criciúma à cidade de Nova Veneza. Nesta área há um projeto de implantação de uma sede industrial, necessitando de um sistema de drenagem para escoamento da água decorrente das chuvas.

2.2. Estudo Hidrológico

Os estudos hidrológicos têm por objetivo fornecer as vazões máximas a serem adotadas para projeto, bem como de hidrogramas de cheias quando houver a necessidade de dimensionar ou analisar o efeito de reservatórios de retenção existentes (FCTH, 1999). No estudo hidrológico deve-se, no mínimo, determinar a chuva de projeto e calcular a vazão máxima.



Figura 1 - Imagem aérea de localização

2.2. Estudo Hidrológico

Os estudos hidrológicos têm por objetivo fornecer as vazões máximas a serem adotadas para projeto, bem como de hidrogramas de cheias quando houver a necessidade de dimensionar ou analisar o efeito de reservatórios de retenção existentes (FCTH, 1999). No estudo hidrológico deve-se, no mínimo, determinar a chuva de projeto e calcular a vazão máxima.

2.2.1. Estudo de Chuvas intensas

A chuva de projeto pode ser obtida de trabalhos como BACK (2002) ou pode ser determinada com a análise de série de dados observados próximos a área em estudo. Recomenda-se usar séries com pelo menos dez anos de observação. Neste trabalho foram usados os dados da estação pluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA) existente no município de Nova Veneza (estação 02849029), referente ao período de 1987 a 2011. Foram determinadas as séries de máximas anuais de precipitação com duração de um dia (Tabela 1). A partir da chuva máxima diária foram determinadas as

chuvas máximas diárias com período de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos usando a distribuição de Gumbel, conforme:

$$X_T = \bar{x} + (Y - Y_n) \frac{S}{S_n}$$

onde: X_T é a chuva máxima estimada cm período de retorno de T anos; \bar{x} é a média dos valores observados na série de máximas anuais; S é o desvio padrão dos valores observados na série de máximas anuais; Y_n e S_n são a média e o desvio padrão da variável reduzida Y, tabelados em função do número de valores da série de dados (BACK, 2002).

A variável reduzida foi calculada por :

$$Y = -\ln \left\{ -\ln \left[1 - \left(\frac{1}{T} \right) \right] \right\}$$

Com base nas as relações entre precipitações de diferentes durações estabelecidas pela Cetesb (1986) foram estimadas as chuvas máximas com duração de 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 25 min, 30 min, 60 min e 120 min (Tabela 2).

Tabela 1. Série de máximas anuais e chuva (mm) de Nova Veneza.

Ano	Chuva Máxima	Ano	Chuva Máxima
1987	90,2	1999	103,2
1988	71,2	2000	153,4
1989	100,3	2001	111,6
1990	-	2002	91,2
1991	-	2003	106,5
1992	-	2004	100,3
1993	108,4	2005	90,6
1994	103,0	2006	147,1
1995	-	2007	106,4
1996	153,1	2008	116,4

1997	111,2	2009	183,2
1998	114,2	2010	118,2
		2011	128,0

A equação de chuvas intensas pode ser escrita da seguinte forma:

$$i = \frac{KT^m}{(t+b)^n}$$

onde: i é intensidade média máxima da chuva (mm/h); T é o período de retorno (anos); t é a duração da chuva (min); K, m, b, n = parâmetros da equação determinados para cada local (adimensional).

Tabela 2. Altura da chuva (mm) estimada para Nova Veneza

Duração	T - Período de Retorno (anos)							
	100	50	25	20	15	10	5	2
24 horas	243,2	223,9	204,5	198,2	190,0	178,3	157,6	126,3
120 min.	127,7	117,6	107,4	104,1	99,8	93,6	82,7	66,3
60 min.	102,1	94,0	85,9	83,2	79,8	74,9	66,2	53,1
30 min.	75,6	69,6	63,6	61,6	59,1	55,4	49,0	39,3
25 min.	68,8	63,3	57,8	56,1	53,7	50,4	44,6	35,7
20 min.	61,2	56,4	51,5	49,9	47,8	44,9	39,7	31,8
15 min.	52,9	48,7	44,5	43,1	41,3	38,8	34,3	27,5
10 min.	40,8	37,6	34,3	33,3	31,9	29,9	26,5	21,2
5 min.	25,7	23,7	21,6	20,9	20,1	18,8	16,7	13,3

A tabela 3 apresenta o resultado de chuvas intensas para a cidade de Nova Veneza. A determinação da intensidade e chuva para cada trecho foi calculada pela seguinte expressão:

$$i = \frac{977,4.T^{0,1545}}{(t + 8,96)^{0,6996}}$$

onde: i é intensidade de chuva (mm/h); t é a duração da chuva ($5 \leq t \leq 120$ minutos); T é o período de retorno ($2 \leq T \leq 100$ anos).

Tabela 3. Intensidade da Chuva estimada para Nova Veneza

Duração (min.)	T - Período de Retorno (anos)							
	100	50	25	20	15	10	5	2
120	63,8	58,8	53,7	52,0	49,9	46,8	41,4	33,2
60	102,1	94,0	85,9	83,2	79,8	74,9	66,2	53,1
30	151,2	139,2	127,1	123,2	118,1	110,9	98,0	78,5
25	165,1	152,0	138,8	134,5	129,0	121,0	107,0	85,7
20	183,7	169,1	154,5	149,7	143,5	134,7	119,0	95,4
15	211,6	194,9	178,0	172,5	165,4	155,2	137,2	109,9
10	244,9	225,5	205,9	199,6	191,3	179,6	158,7	127,2
5	308,4	284,0	259,3	251,3	241,0	226,1	199,9	160,2

2.2.2. Estimativa da vazão máxima

Para bacias de drenagem que não apresentam complexidade e que tenham áreas de drenagem inferiores a aproximadamente 3 km é recomendado que a descarga de projeto seja analisada pelo denominado Método Racional. Embora criticado por sua simplicidade, é um método largamente aceito e conduz a resultados satisfatórios, quando aplicado dentro de seus limites de validade (FCTH, 1999). Para áreas condições em que o método racional não se aplica existem outras metodologias, como o método de Chow

ou os hidrogramas sintéticos (WILKEN, 1978). Pelo método racional a vazão máxima pode ser estimada pela seguinte expressão:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

onde: Q é vazão máxima (m³/s); C é o coeficiente de escoamento superficial (adimensional); I é intensidade da chuva (mm/h); A é a área da bacia (ha).

2.2.3 Tempo de Concentração

O tempo de concentração é, ao lado do coeficiente de escoamento superficial, um dos parâmetros cruciais do método racional, cuja determinação está também sujeita a incertezas e imprecisões (FCTH, 1999). Diversas fórmulas têm sido propostas para determinar este parâmetro em função de características físicas da bacia, da sua ocupação e, eventualmente, da intensidade da chuva. É importante lembrar que a maioria destas expressões são empíricas e, portanto, só valem para condições semelhantes à sua determinação. A adoção de qualquer destas fórmulas deve ser precedida de análise cuidadosa para evitar, por exemplo, o equívoco de utilizar em áreas urbanas fórmulas originalmente desenvolvidas para áreas rurais.

Em áreas urbanas, o tempo de concentração pode ser dividido em duas parcelas: um tempo inicial (t_i), tempo para chuva atingir a primeira boca de lobo ou sarjeta, e um tempo t_t de translação na rede de drenagem (sarjetas, bueiros, galerias, canais, etc.), isto é:

$$t_c = t_i + t_t$$

Onde t_c é o tempo de concentração; t_i tempo inicial ou tempo de entrada; t_t é o tempo de translação ou de deslocamento no trecho considerado.

O tempo inicial na primeira boca de lobo geralmente é estipulado valores entre 5 a 10 minutos. Para os trechos seguintes o tempo de concentração é acrescentado o tempo de deslocamento no segmento, obtidos nos cálculos hidráulicos.

A velocidade é determinada pela equação de Manning da seguinte forma:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{0.5}}{n}$$

onde: V é a velocidade de escoamento (m/s); R é o raio hidráulico (m); S é a declividade (m/m); n é o coeficiente de rugosidade (adimensional).

Na tabela 4 são indicados alguns valores do coeficiente de Manning que podem ser usados no projeto de drenagem urbana.

Tabela 4. Valores do coeficiente de Manning (n) (adaptado de TUCCI, 2001).

Cobertura da Bacia	n
Asfalto liso	0,012
Asfalto ou concreto	0,014
Argila compactada	0,030
Pouca vegetação	0,200
Vegetação densa	0,350
Vegetação densa e floresta	0,40

2.2.4 Período de Retorno

O período de retorno depende do tipo de obra e geralmente na drenagem urbana se adotam os valores indicados na Tabela 5.

Tabela 5. Períodos de retorno para diferentes ocupações

Topo de Obra	Tipo de ocupação de área	Tempo de retorno
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço público	5
	Aeroportos	2-5
	Áreas comerciais e arteriais de tráfego	5-10

Macrodrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
	Áreas de importâncias específicas	500

Fonte: (DAEE/CETESB, 1980)

2.2.5 Coeficiente de Escoamento

O coeficiente de escoamento define a fração da água da chuva que esco superficialmente, é função de uma série de fatores, dentre os quais o tipo de solo, a ocupação da bacia, a umidade antecedente, a intensidade da chuva e outros de menor importância. A adoção, portanto, de um valor de C constante, é uma hipótese pouco realista e o valor de C deve ser determinado para as condições futuras de urbanização da bacia. Se a ocupação da bacia for muito heterogênea, deve-se estimar o valor de C pelo método da média ponderada. O valor de C é obtido com base em Tabelas como indicada (Tabela 6).

Tabela 6. Valores do coeficiente de escoamento superficial C (CHOW, 1964)

Característica da área	Coeficiente C
Área comercial	
- Zona Central	0,70 - 0,95
- Periferia	0,50 - 0,70
Residencial	
- Casas isoladas	0,03 - 0,50
- Conjunto de casas esparsas	0,40 - 0,60
- Conjunto de casas densos	0,60 - 0,75
- Edifícios de apartamentos	0,50 - 0,60

- Zonas suburbanas	0,25 – 0,40
<hr/>	
Industrial	
- Área leves	0,50 – 0,80
- Área densas	0,60 – 0,90
<hr/>	
Parques e cemitérios	0,10 – 0,25
Play-grounds	0,20 – 0,35
Áreas às margens de estrada de ferro	0,20 – 0,40
Áreas não desenvolvidas	0,10 – 0,30
<hr/>	
Ruas	
- Asfalto	0,70 – 0,95
- Concreto	0,80 – 0,95
- Paralelepípedos	0,70 – 0,85
<hr/>	
Telhados	0,75 – 0,95
<hr/>	

3. Traçado da rede pluvial

No traçado da rede pluvial foram adotados os critérios usuais de drenagem como:

- as galerias pluviais, sempre que possível, devem estar sob o passeio;
- o sistema coletor, em uma determinada via, poderá constar se uma rede única, recebendo ligações de bocas de lobo de ambos os passeios;
- considerar os dados topográficos e pré-dimensionamento hidrológico e hidráulico;

Para TUCCI et al. (1995) esse trabalho deve-se desenvolver simultaneamente ao plano urbanístico das ruas e das quadras, pois, caso contrário, ficam impostas, ao sistema de drenagem, restrições que levam sempre a maiores custos.

4. Dimensionamento Hidráulico

4.1 Bocas de Lobo

As bocas de lobo devem ser localizadas, onde consigam conduzir as águas das precipitações superficiais para as galerias. As bocas de lobo serão localizadas convenientemente nos dois lados da rua quando o pavimento for abaulado, caso o

escoamento se der para um único lado serão localizadas no lado mais baixo. Não é conveniente localização das bocas de lobo junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de ruas convergentes, pois para os pedestres cruzarem uma rua, teria que saltar a torrente num trecho de vazão máxima, as torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam, como resultado, um escoamento de velocidade em sentido contrário ao da afluência para o interior da boca de lobo. Para TUCCI et al. (1995), recomenda-se adotar um espaçamento máximo de 60 m entre as bocas de lobo, caso não seja analisada a capacidade de escoamento da sarjeta.

4.1.1 Capacidade de engolimento da boca de lobo

No presente dimensionamento serão utilizados dois tipos de bocas de lobo que são boca de lobo de guia e boca de lobo (Figura 2) com grelha (Figura 3). A determinação da capacidade de engolimento da boca de lobo de guia é expressa da seguinte forma:

$$Q = 1,7Ly^{3/2}$$

onde: Q é a vazão de engolimento (m³/s); L é o comprimento da soleira (m); Y é a altura de água próxima à abertura na guia (m).

Para a determinação da capacidade de engolimento da boca de lobo com grelha expressa por:

$$Q = 2,91Ay^{1/2}$$

onde: Q é a vazão de engolimento (m³/s); y é a carga hidráulica sobre a grelha (m); A é a área da grade, excluídas as áreas ocupadas pelas barras (m²).

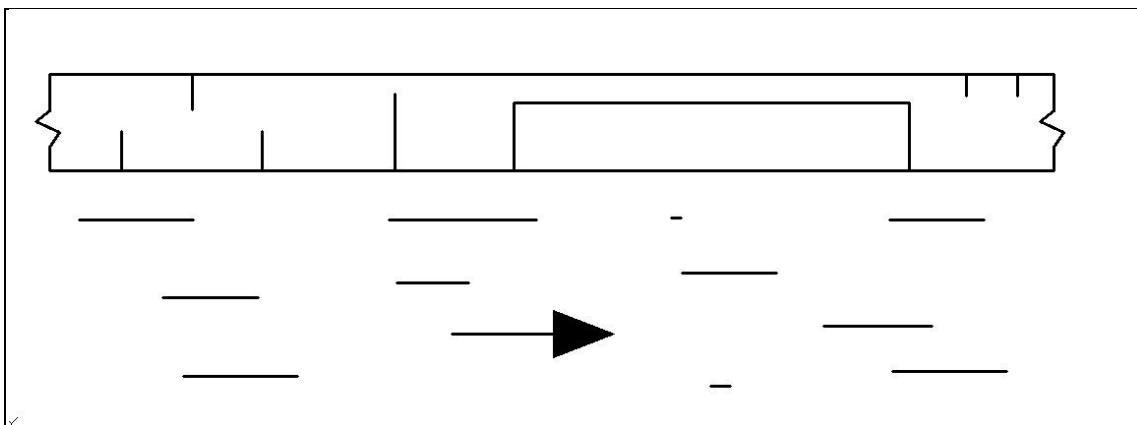


Figura 2. Boca de lobo de guia

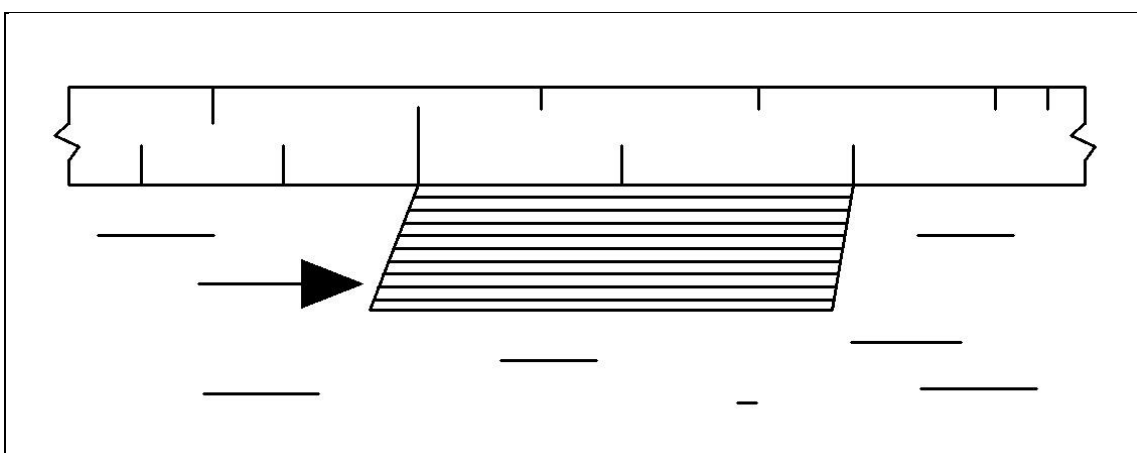


Figura 3. Boca de lobo com grelha

4.2 Poços de Visita

E um poço de visita pode distinguir duas partes: câmara de trabalho e câmara de acesso. Para FENDRICH (1991) a câmara de trabalho onde o homem permanece durante o inspeção ou trabalho, deve possuir o máximo de altura, permitindo bom arejamento e iluminação, não devendo possuir altura superior a 1,0 m. Sua locação é sugerida em mudanças de direção, cruzamento de ruas, mudanças de declividade e mudança de diâmetro.

4.3 Caixa de Ligação

Tem uma função similar ao poço de visita, não ser visitável. As caixas de ligação são utilizadas quando houver bocas de lobo intermediárias, ou para evitar a chegada de várias tubulações em um poço de visita.

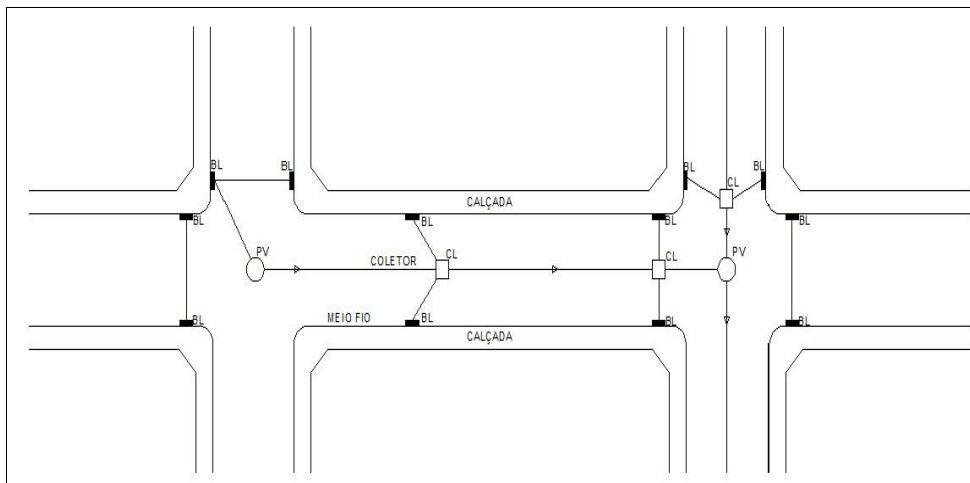


Figura 4. Localização da Caixa de Ligação

4.4 Galeria Circular

As galerias têm função de conduzir as águas decorrentes das precipitações, onde seu diâmetro mínimo deve ser de 0,30 m. As galerias pluviais são projetadas para o funcionamento à seção plena com vazão de projeto (TUCCI et al., 1995). A velocidade máxima admissível para tubulação de concreto é de 5,0 m/s e 0,60 m/s a velocidade mínima. O recobrimento mínimo da rede deverá ser de 1,00 m quando forem empregadas tubulações sem estrutura especial. Nas mudanças de diâmetro deve-se adotar o alinhamento da tubulação pela geratriz superior indicado na Figura 5.

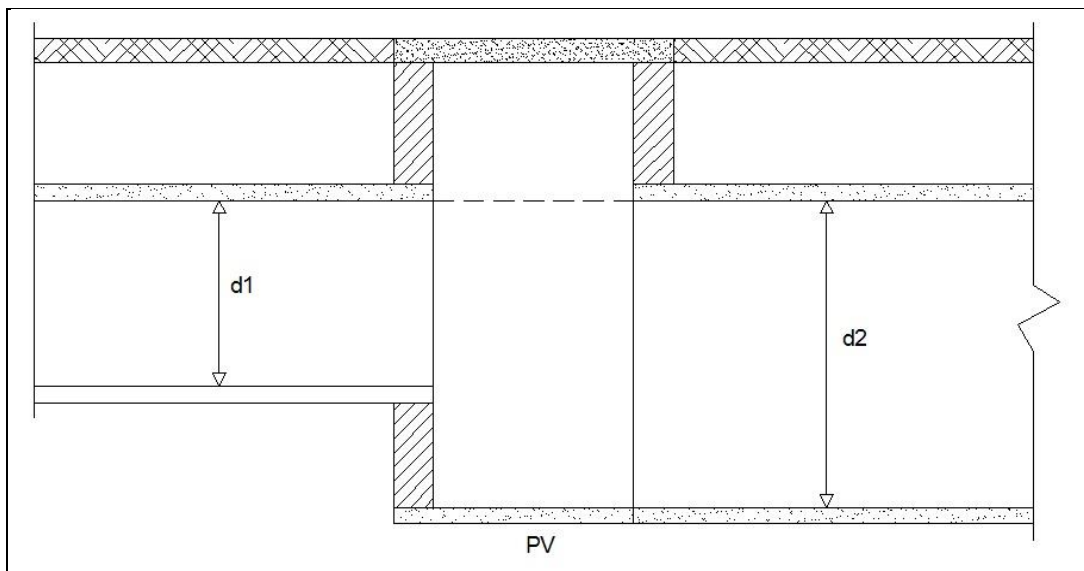


Figura 5. Alinhamento dos condutos.

O dimensionamento das galerias é realizado com base nas equações hidráulicas de movimento uniforme, como a de Manning (TUCCI et al., 1995). O cálculo do diâmetro da galeria será em função do coeficiente de rugosidade e do tipo de galeria adotado. Na drenagem urbana usualmente o tipo de galeria utilizado é de seção circular por sua vantagem de construção e instalação e por serem de tamanho pequeno e médio e os semicirculares é um caso da seção circular, sendo para vazões menores. O diâmetro da galeria pode ser obtido pela fórmula geral:

$$D = k \left(\frac{n Q}{\sqrt{I}} \right)^{0,375}$$

onde: D é o diâmetro da galeria (m); Q é a vazão de projeto (m^3/s); n é o coeficiente de rugosidade (adimensional); k é um coeficiente em função da relação Y/D; I é a declividade de projeto (m/m).

Tabela 7. Valores de k para relação Y/D.

Y/D	K	Y/D	K
0,05	11,464	0,55	1,892

0,10	6,607	0,60	1,797
0,15	4,812	0,65	1,719
0,20	3,859	0,70	1,655
0,25	3,263	0,75	1,603
0,30	2,854	0,80	1,562
0,35	2,555	0,85	1,531
0,40	2,328	0,95	1,512
0,45	2,150	0,05	1,507
0,50	2,008	1,00	1,548

Fonte: BACK (2006)

4.5. Canais de drenagem e macrodrenagem

Os canais naturais se apresentam geralmente com seções transversais muito irregulares, aproximando-se de uma parábola ou um trapézio. Para BACK (2006) os cursos sujeitos a fortes incrementos de vazão, onde o canal poderá consistir numa seção principal capaz de atender as descargas normais e uma ou mais seções complementares à principal, para atender as vazões esporádicas. A forma do canal pode variar muito, desde seções prismáticas bem definidas a seções não prismáticas e irregulares, dependendo de uma série de fatores:

- características hidrodinâmicas do escoamento;
- resistência à erosão das paredes e do fundo do canal;
- tipo de máquina usada na escavação ou manutenção do canal;
- vazão escoada;
- custo de construção do canal.

Os canais artificiais geralmente são projetados com seções de regularidade geométricas. Os tipos de seções existentes são os trapezoidais, retangulares, triangulares, circular e parábola. A forma trapezoidal da seção é adotada com canais sem revestimento como canais com paredes laterais com taludes e ofereçam estabilidade. As seções retangulares, com paredes verticais são utilizadas em canais com paredes

naturais com muita estabilidade, como do tipo rochosos, ou canais revestidos de alvenaria, concreto ou gabiões. A forma triangular é adotada em canais com pequenas dimensões, como, canais laterais de encostas e sarjetas. As circulares é a forma mais utilizada em tamanhos pequenos e médios, como, drenagem urbana, galerias pluviais e bueiros. Já a seção de forma de parábola é utilizada em canais à morfologia natural dos cursos d'água de dimensões pequenas e médias.

5. Topografia

O levantamento topográfico tem papel fundamental no projeto de drenagem urbana, tanto pela delimitação da bacia de contribuição quanto pela sua influência da declividade na determinação da velocidade e vazão de projeto.

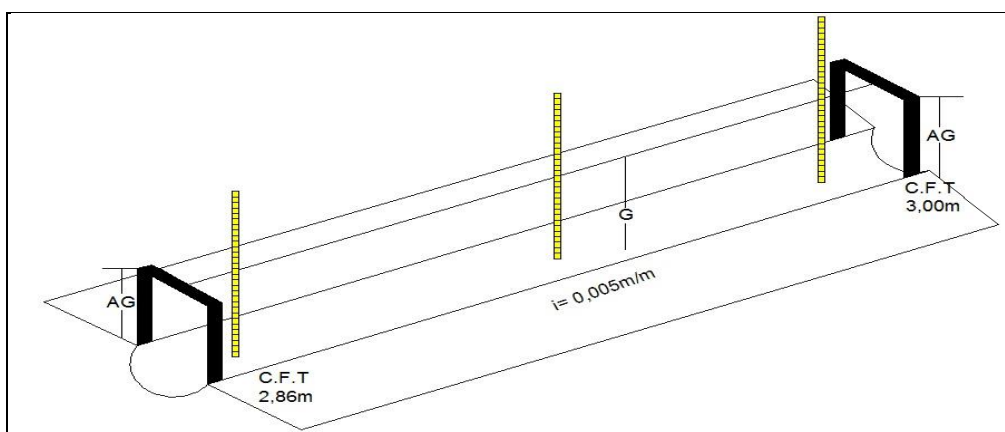
Para a determinação das declividades contidas no projeto do sistema de drenagem adota-se o método de nivelamento geométrico, onde, se tem como referência pontos topográfico ou marcos geodésicos com cotas ou altitudes conhecidas respectivamente. O levantamento deve ser realizado com equipamento de medição de eletrônica (estação total) ou equipamento geodésico (GNSS), assim gerando resultados de precisão.

Para McCORMAC (2007), o nivelamento geométrico ou direto é o método mais comum de nivelamento. As distâncias verticais são medidas em relação à linha horizontal, e estes valores são usados para calcular as diferenças de níveis entre vários pontos. O nivelamento é muito importante para o sistema de drenagem, pois é onde é colocado em prática todo o dimensionamento das galerias. Este trabalho deve ser executado por profissionais da área de topografia com supervisão de engenheiro agrimensor ou engenheiro com atribuições para esta função, onde, uma vez que seja mal executado o nivelamento, poderá causar problemas estruturais no sistema de drenagem. A partir de um nivelamento mal executado, poderá ocorrer aumento ou diminuição de declividade no trecho, onde caso ocorra aumento de declividade conseqüentemente haverá maior velocidade de escoamento, assim podendo haver afogamento de galeria nos trechos posteriores, porém, o principal problema é quando há diminuição de

declividade, que diminuirá a velocidade de escoamento, assim a diâmetro de projeto pode não ser suficiente para o escoamento dos fluidos

Para desenvolver um bom projeto de drenagem, o projetista deve ter conhecimento do relevo da área de implantação, onde a melhor forma de representação em meio digital, são as curvas de nível. As curvas de nível são representadas pela sua equidistância vertical, onde esta distância é definida através da finalidade do projeto. Para McCORMAC (2007) quando os mapas são voltados para planejamento de projetos de armazenamento de água, é normalmente necessário usar intervalos de 0,3 e 0,5 m.

Na Figura 6 pode-se observar o método indicado de nivelamento do subleito onde serão instaladas as galerias.



G = gabarito de medição (m); AG= altura do gabarito (m);

C.F.T= cota de fundo de tubo (m); i= declividade (m/m);

Figura 6: Método de nivelamento de galeria pluvial

Considerando que a cota de fundo de tubo a jusante do trecho j foi calculada pela expressão:

$$CFT_j = C_m - (L \cdot S)$$

Onde: CFT_j é a cota fundo de tubo à jusante (m); C_m é a cota à montante (m); L é a extensão no trecho (m); S é a declividade de projeto (m/m);

Para calcular a cota da geratriz superior da tubulação dos trechos utilizou-se a seguinte expressão:

$$C = CFT + D$$

onde: C é a cota geratriz superior da tubulação (m); CFT é cota de fundo de tubo (m); D é o diâmetro da galeria (m).

Nas tabelas 8 a 10 é sugerida uma planilha para cálculo dos gabaritos e controle da declividade da canalização de drenagem.

Tabela 8. Exemplo da planilha de cálculo dos gabaritos sugerida.

Trecho	Extensão L (m)	Cota pavimento (m)		Cota subleito (m)		C.F.T. Drenagem (m)	
		Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
1-2	38,20	3,40	3,38	2,98	2,96	2,70	2,51
2-3	17,30	3,38	3,25	2,96	2,83	2,51	2,42
3-10	82,87	3,25	4,07	2,83	3,65	2,32	1,81
4-5	21,46	4,26	4,10	3,84	3,68	3,26	3,15

Tabela 9. Exemplo da planilha de cálculo dos gabaritos sugerida (continuação).

Trecho	Diferença (m)		Altura preliminar (m)		Gabarito preliminar (m)		Condição
	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	
1-2	0,28	0,45	0,72	0,55	1,00	1,00	ok
2-3	0,45	0,41	0,55	0,59	1,00	1,00	ok
3-10	0,51	1,84	0,49	0,16	1,00	2,00	Rever
4-5	0,58	0,53	0,42	0,47	1,00	1,00	ok

Tabela 10. Exemplo da planilha de cálculo dos gabaritos sugerida (continuação).

Trecho	Diferença do Gabarito (m)	Gabarito final (m)		Condição final	Altura do gabarito (m)	
		Montante	Jusante		Montante	Jusante
1-2	0,00	1,00	1,00	ok	0,72	0,55
2-3	-1,00	1,00	1,00	ok	0,55	0,59
3-10	0,00	2,00	2,00	ok	1,49	0,16
4-5	0,00	2,00	1,00	ok	0,42	0,47

6. Conclusões

Na concepção de um projeto dimensionamento de drenagem pluvial urbana é imprescindível a realização dos estudos hidrológicos na área de implantação. O levantamento topográfico também tem papel fundamental na definição da bacia de contribuição e principalmente na determinação das declividades dos canais de drenagem, uma vez que a vazão máxima e o dimensionamento das estruturas dependem diretamente da declividade.

Uma grande dificuldade encontrada na execução de um projeto de drenagem é ter o acompanhamento de uma equipe de topografia para a determinação em campo das declividades contidas no projeto. Este trabalho deve ser executado por profissional com conhecimento topografia, hidráulica e hidrologia, onde o engenheiro agrimensor apresenta-se com maiores conhecimentos em topografia. Se a declividade de projeto não for reproduzida em campo todo o sistema de drenagem pode estar sendo prejudicado.

O dimensionamento e execução de um sistema de drenagem podem ser gerenciados por engenheiros agrimensores, pois, apresenta-se com uma boa habilitação entre as outras engenharias.

7. Referências

- AZEVEDO NETO, J. M. Manual de Hidráulica. 6 ed. revista e complementada. São Paulo, Edgard Blucher; Brasília, INL, 1973, 333 p.
- BACK, A.J. Chuvas Intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina. Florianópolis, Epagri, 2002. 65p.

BACK, A.J. Hidráulica e Hidrometria aplicada (com programa Hidrom para cálculos). Florianópolis, Epagri, 2006. 299p.

CETESB, São Paulo. Drenagem urbana: manual de projeto. 3. ed. São Paulo, cetesb/ASCETESB, 1986. 464p.

FENDRICH, R. Drenagem e controle da erosão urbana. 3ª Edição. São Paulo: IBRASA. Curitiba: Champagnat, 1991. 442p.

GRIBBIN, J.E. Introdução à hidráulica e hidrologia na gestão de águas pluviais. ed. Norte-Americana. (tradução Glauco Peres Damas). São Paulo:Cengage Learning, 2009, 494 p.

McCORMAC, J. C. Topografia/Jack McCormac; Rio de Janeiro: LTC, 2007. 391p.

PINTO, N.L. de S. Hidrologia básica. Editora Edgard Blucher, São Paulo,1976, 278 p.

TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. ed. universidade/UFRGS: ABRH, 2001, 943 p.

TUCCI, C. E. M.; POROT, R.L.L.;BARROS, M.T. Drenagem Urbana. ABRH/Editora da Universidade, Porto Alegre, 1995, 428 p.

WILKEN, P. S. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 478p.