HIDROLOGIA E DRENAGEM URBANA: COMPARATIVO DE MÉTODOS DE VAZÃO E APLICAÇÃO EM PROJETO DE DRENAGEM



Revista Eletrônica Multidisciplinar
FACEAR
ISSN: 2316-2317

Eduardo Frederico Kelm[1]; Janislei da Silva[2]; Glaucia Espindola M. Schilling[3]

[1] *Faculdade Educacional Araucária*
[2] *Faculdade Educacional Araucária*
[3] *Faculdade Educacional Araucária*

RESUMO

Com o crescimento acelerado das cidades, nota-se que o investimento em infraestrutura, incluindo a drenagem urbana é cada vez mais evidente. Para se chegar a um bom sistema de drenagem de água pluviais em centros urbanos é necessário um pleno conhecimento de hidrologia e das características da chuva de cada região estudada. Neste artigo, é abordada a hidrologia e sua importância na busca de dados e soluções para a correta gestão das aguas pluviais, bem como a drenagem urbana e os procedimentos atuais adotados para elaboração de projetos. Em seguida, se procede um comparativo entre dois métodos de cálculo de vazão dentre os diversos existentes, sendo eles, o método racional e o hidrograma unitário triangular, para um córrego localizado no município de Curitiba, exemplificando-se em um projeto de drenagem urbana em uma área da cidade de Araucária, com a utilização de um dos métodos de cálculo de vazão estudados.

Palavras chave: Drenagem urbana, hidrologia, chuva

ABSTRACT

With the rapid growth of cities, it should be noted that investment in infrastructure, including urban drainage is increasingly evident. To achieve a good drainage system of rain water in urban centers is necessary a full knowledge of hydrology and characteristics of each region studied. In this article, is addressed to hydrology and its importance in the search for solutions and data for the correct management of pluvial waters, as well as the urban drainage and the current procedures adopted for writing projects. Then, proceeds a comparison between two methods of flow calculation of the various existing, being them, the rational method and the triangular unit hydrograph, to a stream located in the city of Curitiba, exemplifying in urban drainage project in an area of the city of Araucaria, using one of the methods of flow calculation studied.

Key Words: Urban drainage, hydrology, rain.

1. INTRODUÇÃO

A impermeabilização generalizada do solo foi um dos fatores que contribuíram para chamar a atenção de técnicos quanto à necessidade de se preocupar com a gestão

das águas pluviais em função dos problemas trazidos pela precipitação nas temporadas mais chuvosas de uma região ou cidade em particular.

As primeiras atitudes tomadas não foram as mais adequadas, pois adotavam soluções de caráter localizado, ou seja, transferiam o volume captado de montante para a jusante, causando o acúmulo das águas pluviais e, consequentemente, as enchentes.

Deste modo a drenagem urbana começou a ocupar um espaço maior de preocupação e estudos por parte dos técnicos, que além de adotarem e estabelecerem normas específicas para projetos, também criaram Planos Diretores de Drenagem para nortearem o sistema de captação e escoamento das águas pluviais, córregos e rios de muitas cidades.

2. DESENVOLVIMENTO

A Engenharia Hidráulica esteve presente por grande parte da história do homem por conta da constante necessidade da utilização da água para a manutenção da vida humana. (BAPTISTA; COELHO, 2012)

Como Baptista e Coelho (2012) escrevem, os primeiros pensamentos voltados para a parte científica do processo relativo à hidráulica se deram na Grécia antiga, mas ficaram quase que exclusivamente no campo intelectual.

Uma grande diferença de postura era visto nos romanos, que exploraram muito mais as construções do que criações intelectuais como faziam os gregos. Entre as suas contribuições de obras hidráulicas, estavam os grandes sistemas prediais de água, termas romanas, até um complexo sistema de abastecimento de água, esgotos sanitários e pluviais. (BAPTISTA; COELHO, 2012)

A drenagem urbana tem seu conceito inicial datado de meados do século XIX, quando as capitais europeias estavam formando grandes aglomerados de pessoas e animais, quando foi constatado que uma das principais causas de mortes e doenças era oriunda das poças e zonas alagadiças. Portanto, o projeto de drenagem urbana, inicialmente teve seu objetivo como controle de doenças e zoonoses. (SILVEIRA, 2002)

A drenagem urbana é dividida em três fases: Higienista, Racionalização e Ambientalista.

Sendo a primeira, a fase higienista, com uma grande influência no controle da saúde pública, porém, não havia o cuidado com a evacuação das águas, podendo ser infectada ou contaminada por dejetos humanos e/ou de animais.

A segunda fase, de Racionalização, é uma fase de transição, onde os cálculos e teorias são aperfeiçoados com o uso de equipamentos mais sofisticados.

A terceira e atual fase, é o conceito ambientalista, que possui um enfoque ambiental, fazendo com que os esgotos sejam tratados, ou seja, um conceito de sustentabilidade e cuidado com o meio ambiente.

No Brasil, algumas capitais como Porto Alegre, Curitiba e Belo Horizonte estão estabelecendo planos diretores para que exista um controle mais efetivo desta água, estabelecendo uma ligação mais saudável entre as cidades e o meio ambiente.

Para o estudo e elaboração de um projeto de drenagem urbana é essencial que se tenha um pleno conhecimento da hidrologia e engenharia hidrológica, sendo elas que irão fornece parâmetros para que um bom projeto de drenagem seja executado. Pois a hidrologia estuda toda a água, suas propriedades físico e químicas e sua interação com o meio ambiente. E a Engenharia Hidrológica aplica os conhecimentos obtidos através da hidrologia.

Um fenômeno global que é analisado pela hidrologia para a concepção de um projeto de drenagem é o ciclo hidrológico. Ele é composto por 7 fases sendo elas: precipitação, evaporação, transpiração, infiltração, percolação, escoamento superficial e escoamento subterrâneo, como podemos observar na FIGURA 1.

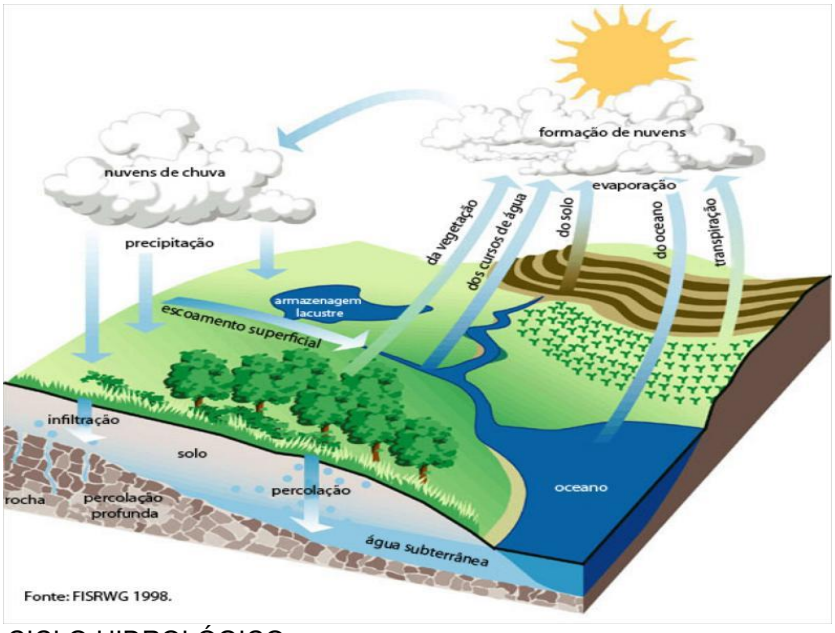

FIGURA 1: CICLO HIDROLÓGICO
FONTE: FEDERAL INTERAGENCY STREAM RESTORATION WORKING GROUP (1998)

Para projetos de drenagem urbana o ciclo hidrológico é normalmente analisado na fase terrestre, onde a bacia hidrográfica é o elemento a ser analisado e estudado. A bacia

hidrográfica, por sua vez, é a delimitação de uma área de captação natural das águas da precipitação (chuva) e que direcionam os escoamentos para um único ponto, denominado de exutório. A FIGURA 2 mostra uma típica caracterização de bacia de drenagem de um curso d'água. (TUCCI et al., 2012)

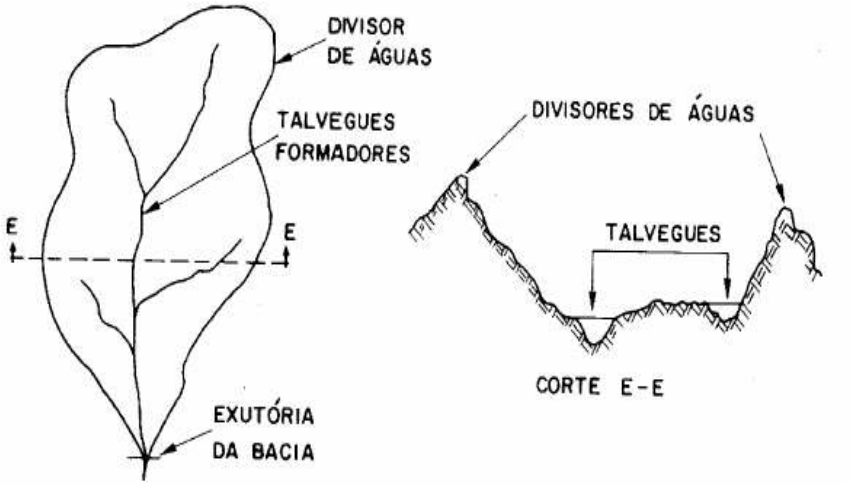

FIGURA 2: CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA
FONTE: HTTP://WWW.EBAH.COM.BR/ (2013)

Alguns conceitos e definições são importantes em projetos de drenagem urbana, como por exemplo:

- Tempo de concentração:

Segundo Tomaz (2011) há duas definições básicas de tempo de concentração:

- é o tempo que leva para que toda a água na bacia considerada contribua para o escoamento superficial na seção estudada;

- é o tempo que leva uma gota de água mais distante até o trecho considerado na bacia. E sua fórmula geral é:

$$\boldsymbol{tc = ti + tp} \qquad (1)$$

Onde:

tc= tempo de concentração;

ti= tempo de escoamento superficial ou de entrada, em min.;

tp= tempo de percurso dentro da galeria, em min.

- Precipitação:

A precipitação é a água derivada do vapor d'água da atmosfera, e em forma de chuva, granizo, neve, etc., depositada na superfície terrestre. (PINTO et al., 1976)

A chuva é o meio de precipitação mais importante e mais frequente para a Engenharia Hidrológica, e mesmo que não seja possível prever com exatidão as chuvas que ainda ocorrerão, as precipitações com mais frequência observadas serão válidas para descrever as probabilidades futuras. (TUCCI et al., 2012).

Para quantificar a quantidade de chuva que cai em uma região, são utilizados os pluviômetros, que são mantidos por agências e empresas como a ANA (Agência Nacional da Água) e o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Podemos observar na FIGURA 3, um exemplo de pluviômetro.



FIGURA 3: PLUVIÔMETRO
FONTE: BANCO DE IMAGENS STOCK.XCHNG.

- Tempo de retorno:

Em projetos, uma variável importante é o tempo de retorno, que é a quantidade de ocorrências de eventos iguais a ser considerado num espaço de tempo. Chuvas muito intensas têm frequência baixa, isto é, ocorrem raramente. Chuvas pouco intensas são mais comuns e tem um tempo de retorno mais baixo. (COLLISCHON; TASSI, 2011)

Em drenagem urbana, o tempo de retorno utilizado é o de 10 anos como podemos observar no QUADRO 1.

TIPO DE OBRA	TIPO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA	TR (ANOS)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios	5
	Aeroportos	2 - 5
	Áreas comerciais e de tráfego	5 - 10
Macrodrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 - 100
	Áreas de importância específica	500

QUADRO 1: PERÍODO DE RETORNO
FONTE: DAEE/CETESB (1980)

- Intensidade de precipitação:

A intensidade de precipitação, é a intensidade de chuva que cai em cada região, precisando de um período longo de coleta de dados de cada região estudada, suficientemente longo para que as frequências de chuva sejam encaradas como probabilidade.

A fórmula geral de intensidade de chuva é:

$$\boldsymbol{i = \frac{a\ x\ T^{r}}{(t+b)^{m}}} \quad (2)$$

Onde:

i= intensidade da precipitação, em mm/h;

t= duração da chuva, em min.;

T= Tempo de recorrência, em anos;

a, b= são parâmetros;

r, n= expoentes a serem determinados para cada local.

Segundo Fendrich et al., (1997) para Curitiba existem duas equações de chuvas de projeto que podem ser utilizadas para a estimativa:

$$\boldsymbol{i = \frac{5950\ x\ T^{0,217}}{(t+26)^{1,15}}}\ (Parigot\ de\ Souza, 1959) \quad (3)$$

$$\boldsymbol{i = \frac{5726{,}64\ x\ T^{0,159}}{(t+41)^{1,041}}}\ (Fendrich, 2003) \quad (4)$$

Quando a precipitação não evapora, infiltra ou é absorvida pela vegetação, ela se transforma em escoamento superficial, que é todo o fluxo de água de chuva que escoa sobre o solo, sendo o cálculo correto do mesmo, um dos fatores de sucesso de um projeto de drenagem. (TELLES et al., 2013)

Para o cálculo desse escoamento superficial, são utilizados fórmulas e métodos que foram desenvolvidos ao longo dos anos. Sendo os mais comuns, o método racional e o hidrograma unitário triangular.

O método racional faz o cálculo do pico da vazão, ou seja, calcula a maior vazão que passa pela bacia. Sua fórmula é:

$$\boldsymbol{Qp = C\ x\ A\ x\ i} \quad (5)$$

Onde:

Qp= vazão máxima, cfs;

C= coeficiente de deflúvio, adimensional;

A= área de drenagem, acres;

I= intensidade da precipitação, pol/h.

O hidrograma unitário considera toda a precipitação, desde os primeiros pingos de chuva até o final da precipitação.

3. DRENAGEM URBANA

A drenagem urbana faz parte de um conjunto de infraestrutura de uma cidade e contribui diretamente para o desenvolvimento urbano podendo ser sustentável desde que contribua para um reaproveitamento. (TUCCI et al., 2012)

Compõem um sistema de drenagem urbana as guias e sarjetas, boca de lobo, rede de galeria e águas pluviais, caixas de ligação, poços de visita e canais de pequena dimensão. Podemos observar esses equipamentos na FIGURA 4.

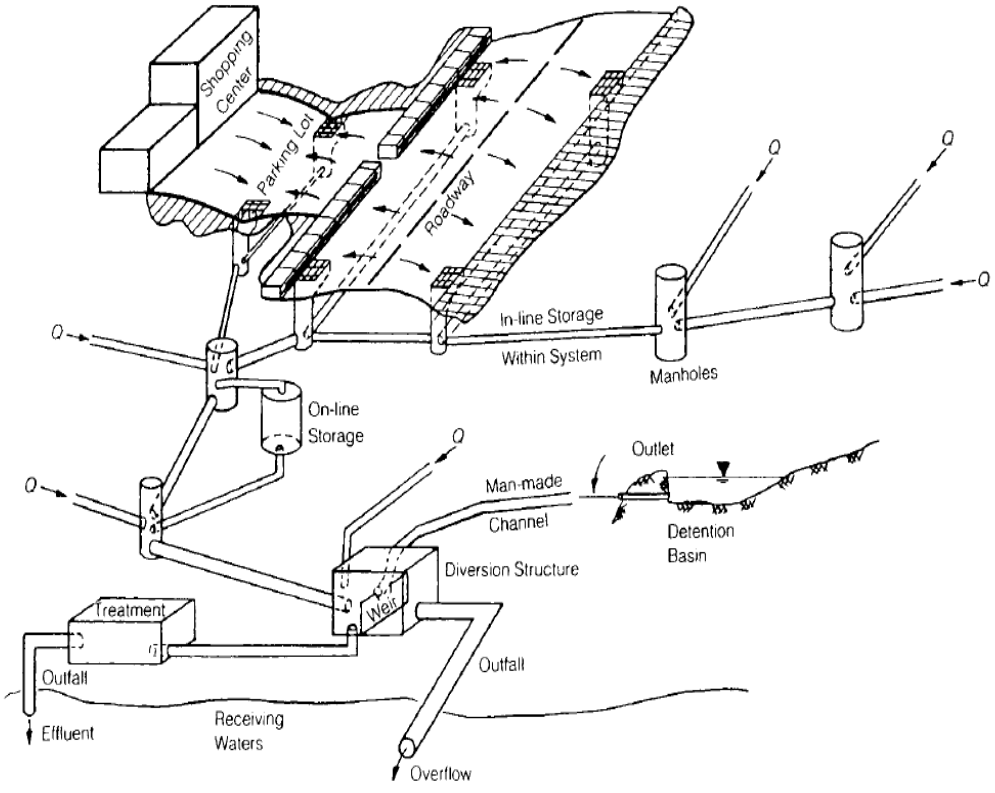

FIGURA 4: ELEMENTOS DE MICRODRENAGEM URBANA
FONTE: MAYS (2001)

Como dito anteriormente, as principais capitais brasileiras estão implementando os planos diretores de drenagem urbana, visando evitar os grandes prejuízos decorrentes

de uma gestão incorreta aplicada às águas pluviais de ano anteriores ao estudo de um plano diretor de drenagem urbana.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem por objetivo criar os mecanismos de gestão da infra-estrutura urbana relacionado com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana da cidade. (TUCCI, 2002 apud SILVEIRA, 2002)

Para e elaboração de um bom projeto de drenagem urbana, alguns dados devem ser levado em consideração, lembrando que cada região tem sua legislação e deve ser consultada. Os dados necessários são as diretrizes gerais, dados básicos, determinação dos limites das bacias, desenvolvimento de esquemas alternativos, divisão da bacia em sub-bacias, projeto preliminar e os dimensionamentos.

4. PROBLEMA I: METODOLOGIAS DE CÁLCULO DE VAZÃO

Aqui será demonstrado um comparativo entre dois dos diversos métodos de cálculo de vazão: o método racional e o método do hidrograma unitário triangular e feita a justificativa do porquê um dos métodos foi escolhido.

A área de estudo é o Arroio Pinheirinho com uma bacia de contribuição de 3,92 km², como podemos observar na FIGURA 5.

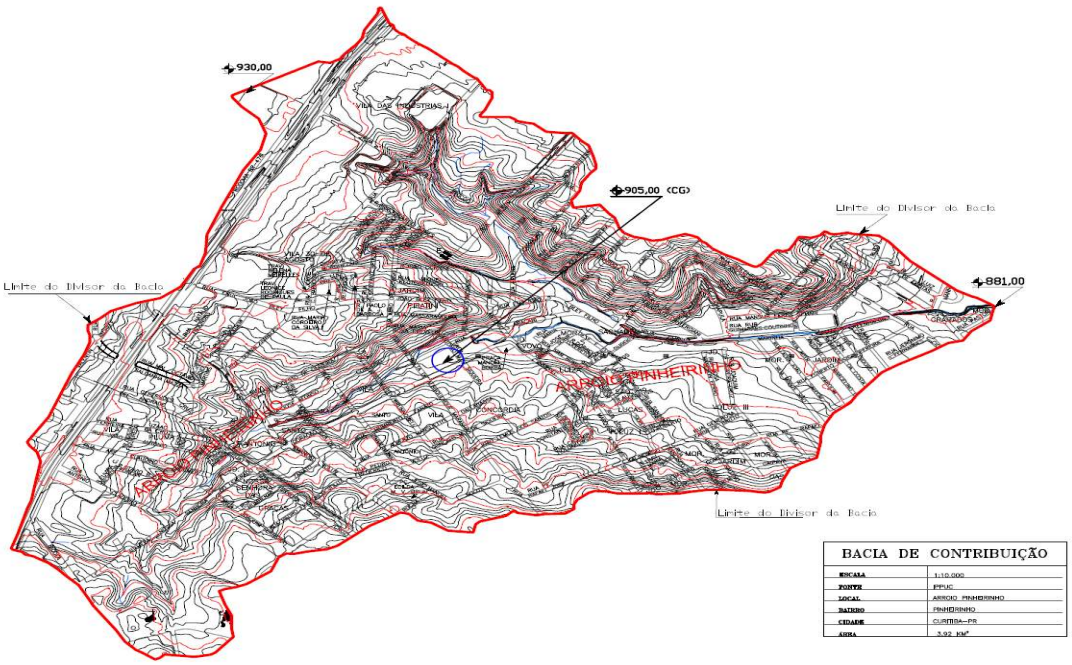

FIGURA 5: ARROIO PINHEIRINHO
FONTE: IPPUC.

O método racional é amplamente utilizado para pequenas bacias que caracteriza a drenagem urbana em galeria de águas pluviais para arruamentos, loteamentos, condomínios etc.

A equação do modelo é definida por:

$$\boldsymbol{Qmáx = 0,278\ xC\ x\ i\ x\ A} \quad (6)$$

O coeficiente de escoamento (C) utilizado no método racional depende das seguintes características:

- solo
- cobertura
- tipo de ocupação
- tempo de retorno/intensidade da precipitação

Neste caso foi adotado 0,60 por tratar-se de cálculo de vazão de um córrego num único exutório, levando em consideração as ocupações descritas na tabela 6 deste trabalho, e que é a característica da área estudada. Para drenagem urbana utiliza-se até 0,8 (recomendado), pois o TC é menor e normalmente a declividade das tubulações são maiores que canais.

Para o cálculo do Tempo de Concentração (TC), utilizaremos a fórmula "*California Culverts Practice"* :

$$tc = 57\ x\ (\frac{L^3}{H})^{0,385} \quad (7)$$

E finalmente para equação de chuva de projeto utilizaremos a de Fendrich (2003) para Curitiba:

$$\boldsymbol{i = \frac{5726,64\ x\ T^{0,159}}{(t+41)^{1,041}}} \quad (4)$$

Após os cálculos para um Tempo de Recorrência ou Retorno (TR) de 10, 20, 25, 50 e 100 anos chegamos aos resultados demonstrados no Quadro 9.

O QUADRO 2 ilustra os resultados obtidos com o cálculo da vazão utilizando os dados do córrego estudado.

No Método Racional é indicado usar o tempo de retorno (TR) para drenagem urbana de 5 à 10 anos, pois como já dito anteriormente este método não é indicado para cálculo de vazão de áreas superiores à 3km², e pode-se verificar que a vazão é diretamente proporcional ao TR.

RIO	ARROIO PINHEIRINHO						BAIRRO	PINHEIRINHO			
CIDADE	CURITIBA										
TRECHO	COTA DO TERRENO		(L)	(S)	ÁREA (km²)		tc	F	i	C	Q (m3/s)
	(montante)	(jusante)	(Km)	(%)	(trecho)	(acumulada)	(minutos)	(anos)	(mm/min)	(run off)	(prevista)
1	930,00	881,00	3,30	1,48	3,92	3,92	50,59	5	67,11	0,6	43,88
1	930,00	881,00	3,30	1,48	3,92	3,92	50,59	10	74,93	0,6	48,99
1	930,00	881,00	3,30	1,48	3,92	3,92	50,59	20	83,66	0,6	54,70
1	930,00	881,00	3,30	1,48	3,92	3,92	50,59	25	86,68	0,6	56,67
1	930,00	881,00	3,30	1,48	3,92	3,92	50,59	50	96,78	0,6	63,28
1	930,00	881,00	3,30	1,48	3,92	3,92	50,59	100	108,05	0,6	70,65

QUADRO 2: RESULTADO DO CÁLCULO DE VAZÃO UTILIZANDO O MÉTODO RACIONAL
FONTE: OS AUTORES

Segundo Mccuen (1998, apud Tomaz, 2011), o hidrograma unitário sintético triangular é muito usado para fins didáticos, pois demonstra a precisão e melhores resultados da utilização dos hidrogramas unitários.

Segundo o esquema básico do hidrograma, a sua formulação consiste nos seguintes parâmetros:

- Cálculo do Tc em horas (Tempo de Concentração):

$$tc = \frac{57}{60}\ x\ (\frac{L^3}{H})^{0,385} \quad (8)$$

- Δt é o tempo unitário de duração de chuva, em função de tc, sendo expresso em horas. Δt= tc/5.

- O tp (tempo de pico) em horas:

$$\boldsymbol{tp} = \frac{\boldsymbol{\Delta t}}{\boldsymbol{2}}\ x\ 0{,}6\ x\ tc \quad (9)$$

- TR (tempo de descida ou retorno). É o tempo decorrente a normalização da descarga da bacia considerada após a precipitação. É fornecido em horas.

$$tr = \boldsymbol{1{,}67\ x\ tp} \quad (10)$$

- O Tp (tempo de subida) do hidrograma, pode ser estimado como o tempo de pico (tp) mais a metade da duração da chuva (D), assim:

$$\boldsymbol{tp} = \boldsymbol{tp} + \frac{\boldsymbol{D}}{\boldsymbol{2}} \quad (11)$$

- O tb (tempo de base) do hidrograma é aproximado por:

$$tb = 2,67\ x\ tp \quad (12)$$

- Finalmente a vazão de pico do unitária (Qp) para uma chuva efetiva (Pe) igual a 1 cm de altura ocorrida no tempo unitário t, fornecido em m³/s.cm:

$$QP = \frac{2,08\ x\ A}{Tp} \quad (13)$$

Onde Tp é dado em horas, a área da bacia (A) é dada em km², e o resultado Qp é a vazão de pico por mm de chuva efetiva.

Após os cálculos para um Tempo de Recorrência ou Retorno (TR) de 10, 20, 25, 50 e 100 anos chegamos aos resultados de vazões, fornecidos através do programa em Excel "H.U.S. TRIANGULAR", cedido pela Secretaria Municipal de Obras Públicas, através do Departamento de Pontes e Drenagem da Prefeitura Municipal de Curitiba.

Ao analisar o QUADRO 3, pode-se concluir que o método racional realmente superestima a vazão para os tempo de retorno de 5,10, 20 e 25 anos, apenas no tempo de retorno de 50 e 100 anos que ambas se aproximam.

MÉTODO RACIONAL		**HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR**
TR	**Q (m³/s)**	**Q (m³/s)**
5	43,88	28,35
10	48,99	35,90
20	54,70	46,01
25	56,67	48,30
50	63,28	59,82
100	70,65	73,50

QUADRO 3: COMPARATIVO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS DE CÁLCULO DE VAZÃO
FONTE: OS AUTORES.

4. PROBLEMA II: PROJETO DE DRENAGEM E GALERIA PLUVIAL

Para o estudo de caso II, será utilizado uma área do município de Araucária-PR, localizada no bairro Fazenda Velha Boqueirão, ilustrada na FIGURA 6.



FIGURA 64: LOCALIZAÇÃO ÁREA DE ESTUDO
FONTE: GOOGLE EARTH (2013)

O estudo é composto dos seguintes itens:

- Coleta dos dados cartográficos com curvas de nível;
- Determinação das áreas das micro-bacias;
- Estudo hidrológico;
- Dimensionamento hidráulico por planilha de cálculo;
- Lançamento da rede de drenagem.

Para o projeto de drenagem foi utilizado o método racional, e chegou-se à seguinte planilha de cálculo mostrado no QUADRO 4:

PLANILHA DE CÁLCULO																	N: 01
ELEMENTOS TOPOGRAFICOS				TC0	CÁLCULO DA VAZÃO(PREVISÕES)						CAPACIDADE DA SEÇÃO ARBITRADA						
TREC	EXTENSÃO	ÁREA	(há)		tc	F	i	Ci	cd	Q(m³/s)	S%	S%	R*i*	I/n	Vm/s	Qm³/s	Diâm.
NÚM	(m)	TRECHO	ACUM.		(min.)	Anos	Intem. mm/min	Run Off	Coef. Destr.	Vazão Prev.	Deciiv. Corrig.	Deciiv.	Raio Hid.	Coef. Rugos.	Veloc.	Vazão Arbitr.	(m)
1- CL1 - CL2	45,00	0,197	0,197	10,00	10,37	10,0	2,621	0,8	1	0,069	2,0	0,141	0,215	66,667	2,031	0,255	0,40
2- CL2 - CL4	60,00	0,270	0,467	10,00	10,31	10,0	2,626	0,8	1	0,164	5,1	0,226	0,215	66,667	3,244	0,408	0,40
3- CL4 - PV -1	45,00	0,172	0,094	10,00	10,17	10,0	2,638	0,8	1	0,033	10,0	0,316	0,215	66,667	4,542	0,571	0,40
4- PV 2	20,00	0,094	0,094	10,00	10,12	10,0	2,641	0,8	1	0,033	3,5	0,187	0,215	66,667	2,687	0,338	0,40
5-- CL6 - CL7	50,00	0,425	0,425	10,00	10,65	10,0	2,598	0,8	1	0,147	0,8	0,089	0,215	66,667	1,285	0,161	0,40
6- CL7 - CL8	40,00	0,320	0,745	10,00	10,50	10,0	2,610	0,8	1	0,259	0,5	0,071	0,282	66,667	1,331	0,376	0,60
7- CL8 - PV 2	45,00	0,240	0,985	10,00	10,56	10,0	2,605	0,8	1	0,342	0,5	0,071	0,282	66,667	1,331	0,376	0,60
8- PV 2 - CL-11	50,00	0,221	1,206	10,00	10,30	10,0	2,627	0,8	1	0,422	3,8	0,195	0,215	66,667	2,800	0,352	0,40
9- CL11 - CL12	30,00	0,138	1,344	10,00	10,14	10,0	2,640	0,8	1	0,473	3,8	0,195	0,282	66,667	3,669	1,037	0,60
10-CL12 - CL13	45,00	0,162	1,506	10,00	10,20	10,0	2,635	0,8	1	0,529	3,8	0,195	0,282	66,667	3,669	1,037	0,60
11- CL13 - PV -3	65,00	0,237	1,743	10,00	10,23	10,0	2,633	0,8	1	0,612	6,5	0,255	0,282	66,667	4,798	1,357	0,60
12- PV 3 - PV -4	60,00	0,264	2,007	10,00	10,21	10,0	2,634	0,8	1	0,705	6,5	0,255	0,282	66,667	4,798	1,357	0,60
13- PV 4 - PV 5	60,00	0,095	2,102	10,00	10,23	10,0	2,633	0,8	1	0,738	5,4	0,232	0,282	66,667	4,374	1,237	0,60
14- PV 5 - PV 6	60,00	0,091	2,193	10,00	10,23	10,0	2,633	0,8	1	0,770	5,4	0,232	0,282	66,667	4,374	1,237	0,60
15- PV 17	55,00	0,259	0,259	10,00	10,64	10,0	2,599	0,8	1	0,090	1,0	0,100	0,215	66,667	1,436	0,180	0,40
16- CL15 - PV 7	45,00	0,112	0,112	10,00	10,16	10,0	2,639	0,8	1	0,039	11,0	0,332	0,215	66,667	4,764	0,599	0,40
17- PV 7	60,00	0,270	0,270	10,00	10,53	10,0	2,607	0,8	1	0,094	1,7	0,130	0,215	66,667	1,873	0,235	0,40
18A- PV 8 - PV 7	15,00	0,010	0,651	10,00	10,13	10,0	2,641	0,8	1	0,229	1,0	0,100	0,282	66,667	1,882	0,532	0,60
18B- PV 7 - PV 6	80,00	0,646	1,297	10,00	10,71	10,0	2,593	0,8	1	0,448	1,0	0,100	0,282	66,667	1,882	0,532	0,60
19- PV 6	85,00	0,360	0,360	10,00	10,32	10,0	2,625	0,8	1	0,126	9,6	0,310	0,215	66,667	4,450	0,559	0,40
20- PV 6 - PV 9	20,00	0,033	3,883	10,00	10,12	10,0	2,642	0,8	1	1,368	1,5	0,122	0,342	66,667	2,792	1,404	0,80
21- CL16 - CQ-4	70,00	0,462	0,462	10,00	10,24	10,0	2,631	0,8	1	0,162	11,0	0,332	0,215	66,667	4,764	0,599	0,40
22-CL17 - CL19	90,00	0,525	0,525	10,00	11,04	10,0	2,566	0,8	1	0,180	1,0	0,100	0,215	66,667	1,436	0,180	0,40
23- CL19 - CL20	40,00	0,272	0,797	10,00	10,29	10,0	2,627	0,8	1	0,279	2,5	0,158	0,215	66,667	2,271	0,285	0,40
24- CL21 - CL22	45,00	0,356	0,356	10,00	10,16	10,0	2,639	0,8	1	0,125	11,0	0,332	0,215	66,667	4,764	0,599	0,40

QUADRO 4: PLANILHA DE CÁLCULO UTILIZANDO O MÉTODO RACIONAL
FONTE: OS AUTORES

Os projetos de galerias de águas pluviais e de divisão de micro-bacias foram desenhados em AUTOCAD, e para as planilhas de cálculo de vazão e dimensionamento foi utilizado uma planilha em Excel, elaborada pelos alunos componentes deste trabalho utilizando as fórmulas descritas anteriormente.

Na sequência apresentamos os projetos observados nas FIGURAS 7 e 8:

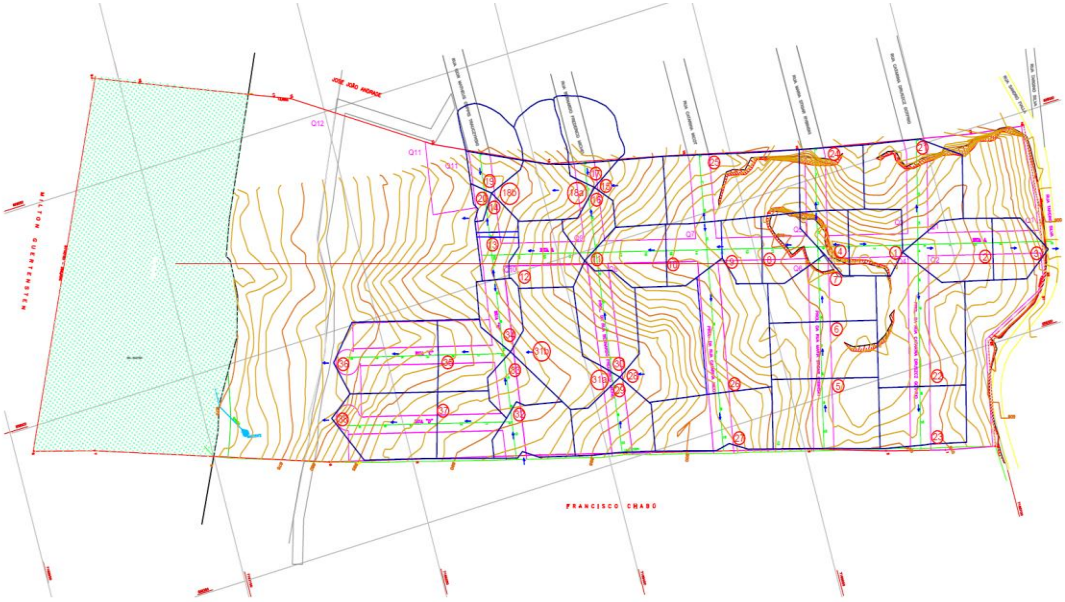

FIGURA 75: DIVISÃO DA BACIA EM SUB-BACIAS
FONTE: OS AUTORES

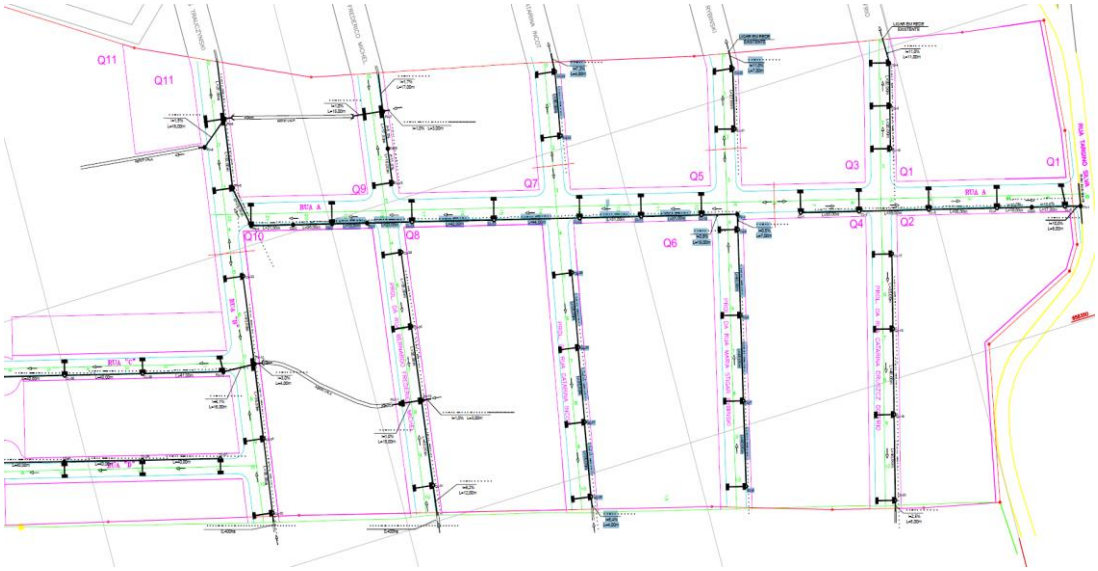

FIGURA 86: PROJETO DE DRENAGEM
FONTE: OS AUTORES

5. RESULTADOS ESPERADOS

Este trabalho foi elaborado com a intenção de servir como um estudo geral sobre a drenagem urbana, demonstrando todos os aspectos importantes para se chegar num resultado eficaz de drenagem, começando pela importância do papel da hidrologia na evolução da drenagem, obtendo e fornecendo dados a equações para medição das vazões oriundas das chuvas.

A pesquisa à várias literaturas foi necessário com a intenção de passar as pessoas que tenham acesso ao trabalho, informações básicas sobre o tema Drenagem Urbana, servindo como base de pesquisa tanto na vida acadêmica como na profissional.

E como mais importante, que sirva de alerta quanto a necessidade da drenagem urbana na infraestrutura de uma cidade, sua importância e o quanto se pesquisa para obtenção de melhores resultados.

6. CONCLUSÃO

Quando começa a cair os primeiros pingos de chuva, poucos vêm a real importância de conhecer este fenômeno, suas intensidades, seus volumes e os caminhos que toma quando chega ao chão.

A hidrologia tem um papel importante nos estudos da água e suas variantes, tanto no sentido de utilizá-la como também para contribuir para que seu ciclo seja respeitado.

A drenagem urbana tem o papel de captar e direcionar a precipitação da chuva para um sistema estrutural ou natural de escoamento, onde a necessidade de um projeto correto e mais econômico é papel do engenheiro. Os conhecimentos acumulados ao longo dos anos em forma de pesquisas e repassados foram imprescindíveis para que a evolução da drenagem urbana chegasse à fase atual.

A necessidade de planejamento em infraestruturas de drenagem fica evidenciado neste trabalho, pois a ocorrência de inundações e enchentes é causada pela completa inobservância da importância de respeitar o poder da água.

7. REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M. B., COELHO, M. M. L. P., Fundamentos de Engenharia Hidráulica, Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

COLLISCHONN, W., TASSI, R. Introduzindo Hidrologia (apostila). Porto Alegre. Editora da UFRGS/ ABHR, 2011.

FENDRICH, R. *et al.* Drenagem e Controle da Erosão Urbana, 4. Ed. Curitiba: champagnat, 1997.

TELLES, DIRCEU. A. *et al*. Ciclo Ambiental da Água: da chuva à gestão. São Paulo: Blucher, 2013.

TOMAZ, PLINIO. Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais. São Paulo: Navegar Editora, 2011.
TUCCI, C. E. M. *et al.* Hidrologia: ciência e aplicação. 4ª Ed. 4ª reimpressão. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABHR. 2012.

TUCCI, C. E. M., Gerenciamento da drenagem urbana,. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 7, 2002