

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

RICARDO CESAR CONRADO DE SOUZA

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE CONTENÇÃO  
DE CHEIAS EM EDIFICAÇÕES E O SEU IMPACTO NO SISTEMA DE  
DRENAGEM URBANA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

RICARDO CESAR CONRADO DE SOUZA

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE CONTENÇÃO  
DE CHEIAS EM EDIFICAÇÕES E O SEU IMPACTO NO SISTEMA DE  
DRENAGEM URBANA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do Curso Superior de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Bentes Freire  
Co-orientador: Prof. Dr. Michael Mannich

CURITIBA

2013



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Curitiba

Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Curso de Engenharia de Produção Civil



---

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS  
EM EDIFICAÇÕES E O SEU IMPACTO NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA**

por

**RICARDO CESAR CONRADO DE SOUZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 15 de agosto de 2013, pela seguinte banca de avaliação:

---

Flávio Bentes Freire, Dr.  
Prof. Orientador

---

Michael Mannich, Dr.  
Prof. Co-orientador

---

Karina Querne de Carvalho, Dr.  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente agradeço aos familiares e amigos que acompanharam a evolução da presente pesquisa e também contribuíram com otimismo para a continuidade e término desse importante passo da graduação.

Ao meu orientador, Professor Flávio Bentes Freire, pelas sugestões fornecidas, inúmeras conversas, dedicação, incentivo e ampla disponibilidade em contribuir para o desenvolvimento da presente pesquisa no decorrer do último ano.

Ao meu co-orientador, Professor Michael Mannich, pelas inúmeras sugestões, esclarecimento de diversos conceitos relacionados à pesquisa e pelo empenho com o intuito de sempre obter o melhor resultado possível.

Por fim, a todos os professores que fizeram parte dessa jornada ao longo dos últimos cinco anos e com certeza contribuíram, mesmo sem saber ou involuntariamente, para o desenvolvimento dessa pesquisa.

## RESUMO

SOUZA, Ricardo C. C. de. **Análise da utilização de reservatórios de contenção de cheias em edificações e o seu impacto no sistema de drenagem urbana.** 2013. 116 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Tendo-se em vista os fortes impactos causados por precipitações em áreas urbanas e a necessidade de um correto manejo das águas pluviais, faz-se necessária a abordagem de medidas para o gerenciamento da drenagem urbana, de modo a se evitem diversos prejuízos originados dos escoamentos superficiais, como as inundações, que afetam grande parcela das cidades brasileiras. Pode-se considerar a drenagem brasileira defasada ao compará-la com as modernas soluções adotadas pelos países desenvolvidos, uma vez que o conceito da canalização prevalece sobre a reservação e a infiltração, medidas essas mais sustentáveis. No caso, é priorizado o rápido escoamento ao invés do descarte controlado dos volumes reservados. Esta pesquisa apresenta um comparativo dos impactos ambientais e econômicos para duas diferentes situações de dimensionamento de sistemas de drenagem na cidade de Curitiba-PR, que conta com o Decreto Municipal nº 176/2007, responsável pelos critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias. Para a mesma área real de estudo adotada, composta por lotes residenciais, ruas, calçadas, bosques e gramados, são avaliadas a utilização ou não de reservatórios de contenção de cheias nas edificações presentes, confrontando conceitos relacionados à canalização e à reservação e indicando as diferentes premissas de dimensionamento a serem adotadas para cada um dos sistemas. A partir da mensuração da redução de vazão de pico com a utilização de reservatórios nos lotes residenciais e da análise dos custos para a execução de ambos os sistemas de drenagem citados, traz como resultado a importância e a viabilidade financeira do emprego de medidas de controle na fonte, bem como sugere o uso de reservatórios de contenção de cheias nas demais cidades brasileiras.

**Palavras-chave:** Drenagem urbana. Vazões de contribuição. Medidas de controle. Reservatórios de contenção de cheias.

## ABSTRACT

SOUZA, Ricardo C. C. de. **Analysis of the use of tanks for flood containment in buildings and their impact on urban drainage system.** 2013. 116 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Bearing in mind the strong impacts caused by rainfall in urban areas and the need for proper management of stormwater, it is necessary to approach the management measures for urban drainage to avoid many losses from runoff, such as floods, that affected many Brazilian cities. The drainage in Brazil is lagged when it's compared with modern solutions adopted by the developed countries, because the concept of plumbing is more used than reservation and infiltration, sustainable measures. In this case, the fast flowing is more prioritized than controlled disposal volumes reserved. This research presents a comparison of the environmental and economic impacts for two different situations sizing of drainage systems in the city of Curitiba-PR, which has the Municipal Decree Number 176/2007, responsible for the criteria for implementation of mechanisms to contain floods. For the same actual area of study adopted, consisting of residential lots, streets, sidewalks, woods and lawns, are evaluated the use or not of tanks for flood containment in the buildings, confronting concepts related to plumbing and reservation and indicating the different premises to be adopted for each one of the systems. From the measurement of peak flow reduction with the use of tanks in residential lots and cost analysis for the implementation of both drainage systems cited, as a result brings the importance and financial viability of the use of control measures at source and suggests the use of tanks to contain floods in other Brazilian cities.

**Keywords:** Urban drainage. Flows contribution. Control measures. Tanks for flood containment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Efeito da urbanização sobre a vazão máxima.....	16
Figura 2	– Erosão típica da margem de um rio em trecho de curva.....	23
Figura 3	– Ilustração esquemática dos conceitos de reservação x canalização .....	35
Figura 4	– Esquema de uma superfície de infiltração .....	36
Figura 5	– Exemplo de uma superfície de infiltração.....	37
Figura 6	– Esquema de uma valeta de infiltração .....	37
Figura 7	– Exemplos de valetas de infiltração .....	38
Figura 8	– Esquema de uma bacia de percolação .....	38
Figura 9	– Exemplo de uma bacia de percolação .....	39
Figura 10	– Pavimento permeável.....	40
Figura 11	– Construção de diques na Holanda .....	42
Figura 12	– Construção de trincheira de infiltração em Schellerhoek, Zwolle .....	44
Figura 13	– Valetas de infiltração em Enschede, Holanda.....	45
Figura 14	– Imagem de satélite da área de estudo .....	49
Figura 15	– Mapa da divisão geral da área de estudo .....	50
Figura 16	– Distribuição dos tipos de construção na área de estudo .....	51
Figura 17	– Curvas de nível da área de estudo.....	52
Figura 18	– Hipóteses para o dimensionamento de sarjetas.....	62
Figura 19	– Seção da sarjeta para as duas hipóteses de escoamento .....	62
Figura 20	– Seção da sarjeta para o Caso B adotado (medidas em cm) .....	63
Figura 21	– Boca de lobo combinada.....	65
Figura 22	– Sentidos de escoamento para a drenagem da área de estudo.....	67
Figura 23	– Planta do reservatório de contenção de cheias .....	76
Figura 24	– Cortes do reservatório de contenção de cheias .....	77

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –Curva IDF da cidade de Curitiba-PR .....	72
Gráfico 2 –Vazões no reservatório de contenção de cheias .....	75
Gráfico 3 –Lâminas d'água no reservatório de contenção de cheias.....	75



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Percentual de municípios que sofreram inundações, segundo fatores agravantes.....	20
Tabela 2 – Porcentagem de uso dos diferentes corpos receptores .....	28
Tabela 3 – Características das edificações presentes na área de estudo .....	50
Tabela 4 – Divisão da área de estudo e áreas impermeabilizadas .....	53
Tabela 5 – Coeficientes de escoamento superficial para a área de estudo .....	54
Tabela 6 – Tempos de retorno para projeto de pequenas obras hidráulicas .....	56
Tabela 7 – Fator de correção do coeficiente de escoamento C .....	57
Tabela 8 – Coeficientes de escoamento superficial para os lotes residenciais.....	68
Tabela 9 – Intensidades máximas (mm/h) obtidas a partir da equação de chuvas intensas para a cidade de Curitiba-PR.....	71
Tabela 10 – Relação entre área impermeável e vazões de contribuição dos lotes...73	73
Tabela 11 – Dimensões dos reservatórios de contenção de cheias de acordo com a vazão de contribuição dos lotes residenciais .....	74
Tabela 12 – Vazões de saída dos reservatórios de contenção de cheias.....	74
Tabela 13 – Vazões sem a utilização de reservatórios de contenção de cheias.....	78
Tabela 14 – Vazões com a utilização de reservatórios de contenção de cheias.....	78
Tabela 15 – Comparativo entre vazões finais no exutório da bacia .....	82
Tabela 16 – Comparativo entre número de bocas de lobo.....	82

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Causas e efeitos da urbanização sobre as inundações urbanas.....	17
Quadro 2 – Comparação entre conceitos de canalização e reservação .....	35
Quadro 3 – Comparação dos aspectos da água no meio urbano .....	46

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>15</b>
3.1 IMPACTOS DAS CHUVAS	15
3.1.1 Inundações	18
3.1.2 Doenças de Veiculação Hídrica	21
3.1.3 Erosão, Transporte de Sedimentos e Assoreamento	22
3.2 GERENCIAMENTO DA DRENAGEM URBANA	26
3.2.1 Planos de Drenagem Urbana	28
3.2.2 Medidas de Controle	30
3.2.2.1 Medidas estruturais	31
3.2.2.2 Medidas não estruturais	32
3.2.2.3 Medidas não convencionais	34
3.2.3 Alguns Exemplos Internacionais	40
3.2.4 Reservatórios de Contenção de Cheias	46
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>49</b>
4.1 ÁREA DE ESTUDO	49
4.1.1 Delimitação da Área de Estudo	49
4.1.2 Características Topográficas	52
4.1.3 Uso e Ocupação do Solo	53
4.1.4 Transformação de Chuva em Vazão	53
4.1.5 Coeficientes de Escoamento Superficial	54
4.1.6 Vazões de Contribuição dos Lotes Residenciais	55
4.1.7 Caracterização Hidrológica	55
4.1.7.1 Equação de chuvas intensas para a cidade de Curitiba-PR	55
4.1.7.2 Determinação do tempo de retorno	56
4.1.7.3 Determinação da duração da precipitação	57
4.1.7.4 Determinação da intensidade da precipitação	58
4.2 PROJETO DE RESERVATÓRIOS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS	58
4.3 SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	60
4.3.1 Premissas para Dimensionamento da Rede de Drenagem	61
4.3.2 Dimensionamento Hidráulico dos Elementos	61
4.3.2.1 Sarjetas	62
4.3.2.2 Bocas de lobo	64
4.3.2.3 Galerias	65
4.4 COMPOSIÇÃO DE CUSTOS E ORÇAMENTO	66
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>67</b>
5.1 ÁREA DE ESTUDO	67
5.1.1 Características Topográficas	67
5.1.2 Uso e Ocupação do Solo	68
5.1.3 Coeficientes de Escoamento Superficial para os Lotes Residenciais	68
5.1.4 Caracterização Hidrológica	71
5.1.5 Vazões de Contribuição dos Lotes Residenciais	73
5.2 RESERVATÓRIOS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS EM EDIFICAÇÕES	73

5.2.1 Cálculo das Dimensões .....	73
5.2.2 Cálculo das Vazões de Saída .....	74
5.2.3 Projeto .....	76
5.3 VAZÕES MÁXIMAS PARA A ÁREA EM ESTUDO .....	77
5.3.1 Caso A: Sem a Utilização de Reservatórios de Contenção de Cheias nas Edificações .....	77
5.3.2 Caso B: Utilização de Reservatórios de Contenção de Cheias nas Edificações Conforme Decreto 176/2007 .....	78
5.3.3 Comparativo Entre os Casos Apresentados .....	78
5.4 DRENAGEM DA ÁREA DE ESTUDO .....	79
5.4.1 Caso A: Sem a Utilização de Reservatórios de Contenção de Cheias nas Edificações .....	79
5.4.2 Caso B: Utilização de Reservatórios de Contenção de Cheias nas Edificações Conforme Decreto 176/2007 .....	80
5.4.3 Comparativo Entre os Casos Apresentados .....	80
5.5 ANÁLISE CRÍTICA DAS “NORMAS PARA PROJETOS DE DRENAGEM” PROPOSTAS PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA-PR .....	81
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>83</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO A – Prefeitura Municipal de Curitiba: Decreto 176/2007 (critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias) .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO B – Prefeitura Municipal de Curitiba: Modelo para aprovação de projetos de reservatórios de contenção de cheias.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO C – Prefeitura Municipal de Curitiba: Normas para Projeto de Drenagem (Secretaria Municipal de Obras Públicas) .....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO D – Drenagem sem a utilização de reservatórios de contenção de cheias nas edificações.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO E – Drenagem com a utilização de reservatórios de contenção de cheias nas edificações.....</b>	<b>108</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As precipitações são eventos capazes de gerar muitas catástrofes em bacias hidrográficas, principalmente naquelas delimitadas em áreas urbanas, uma vez que a impermeabilização da superfície do solo impede a infiltração natural das águas provenientes das chuvas. Dessa forma, são originados escoamentos superficiais que, em grandes escalas, podem causar prejuízos à população e ao poder público.

As inundações, agravadas pela ocupação desordenada do solo e pela obstrução das redes de drenagem ocasionada por resíduos sólidos descartados de maneira inadequada, são os efeitos mais comuns de chuvas intensas e ocorrem em grande parte das cidades brasileiras. Aliadas aos lançamentos ilegais de esgotos nas redes de drenagem pluvial, as inundações contribuem ainda na disseminação de doenças de veiculação hídrica.

O desmatamento, bem como a ocupação irregular das várzeas dos rios, contribui para o aumento das velocidades de escoamento das águas em eventos de precipitação. Dessa forma, aumenta-se o risco de erosão do solo, do transporte de sedimentos e conseqüentemente do assoreamento de corpos de água, que ao terem sua capacidade reduzida por detritos, contribuem para ocorrência de inundações.

O gerenciamento da drenagem urbana, na maioria dos casos, se apresenta defasado ao aplicar o conceito da canalização em detrimento à infiltração e à reservação, uma vez que esse tipo de abordagem aumenta a velocidade do escoamento e pode transferir os problemas de inundações para jusante. O correto manejo das águas pluviais urbanas, ligado ao planejamento da drenagem e às medidas de controle pode amenizar os problemas oriundos das chuvas. Vale destacar também o que tem sido feito nos países desenvolvidos, os quais adotam soluções mais sustentáveis e ecologicamente corretas, como é o caso da Holanda, que segue inovações tecnológicas ao utilizar trincheiras de infiltração reguláveis conforme o regime de chuvas.

Dentre as inúmeras medidas de controle existentes, sejam elas estruturais, não estruturais ou não convencionais, os reservatórios de contenção podem contribuir significativamente para o retardamento dos picos de cheias, uma vez que a vazão proveniente da captação de águas pluviais que incidem sobre as edificações, coberturas, calçadas e outras áreas de captação não é direcionada para

as galerias pluviais de uma só vez. O reservatório regulariza a vazão afluyente, amortizando o valor de pico e amenizando o problema do sobrecarregamento das redes de drenagem urbana, reduzindo-se o risco de inundações.

A cidade de Curitiba-PR possui o Decreto Municipal nº 176/2007, legislação específica sobre os volumes de reservação de água de chuva em função das áreas construídas e impermeabilizadas nos lotes. Todavia, a referida legislação não destaca a real contribuição da medida adotada em termos da redução da vazão de pico, por exemplo. Portanto, tornam-se importantes estudos entre sistemas de drenagem com e sem a utilização dos reservatórios de contenção de cheias nas edificações presentes, com o objetivo de comparar as diferenças nas vazões finais de contribuição, nos projetos e nos custos de ambas as situações.

Para tanto, estudos mais apurados das características hidrológicas de determinada bacia hidrográfica urbana, tais como os tipos de chuvas mais recorrentes, bem como sua relação entre duração, intensidade e frequência, são de grande valia para adoção de critérios corretos para dimensionamento da drenagem. Além disso, para uma análise mais coerente do impacto de uma chuva em uma região com condições particulares de uso e ocupação do solo, torna-se importante considerar suas características topográficas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa é analisar as vazões finais de contribuição determinadas por precipitações em um sistema de drenagem urbana em uma área específica da cidade de Curitiba-PR, tendo em vista a utilização ou não de reservatórios de contenção de cheias nas edificações.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos podem-se citar:

- a) Revisar a literatura que envolve os conceitos relativos ao dimensionamento da drenagem urbana, desde a precipitação até os impactos por ela causados, além de medidas de gerenciamento e controle;
- b) Determinar os parâmetros a serem adotados no dimensionamento dos sistemas de drenagem, tais como intensidade, duração, frequência e tempo de retorno das chuvas;
- c) Dimensionar os sistemas de drenagem de uma área urbana em diferentes situações de uso dos reservatórios de contenção de cheias: em nenhuma edificação e respeitando a legislação vigente;
- d) Analisar a aplicação das “Normas para projetos de drenagem” da cidade de Curitiba-PR e;
- e) Comparar os impactos ambientais e econômicos de ambas as situações apresentadas, com base nas vazões finais de contribuição e nos orçamentos das diferentes soluções.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

É sistemático o estudo do tema “drenagem urbana” pela comunidade científica. Em decorrência deste contexto, também são inúmeros e multidisciplinares os trabalhos apresentados na literatura que envolve este assunto, como os diversos estudos de Carlos Eduardo Morelli Tucci. Conceitos hidrológicos fundamentais, tais como bacia hidrográfica, tempo de concentração, período de retorno, precipitações máximas, curvas IDF, método racional, já são recorrentes na literatura básica. Deste modo, para esta revisão não se tornar extensa e generalizada, optou-se por enfatizar vertentes mais modernas do assunto.

#### 3.1 IMPACTOS DAS CHUVAS

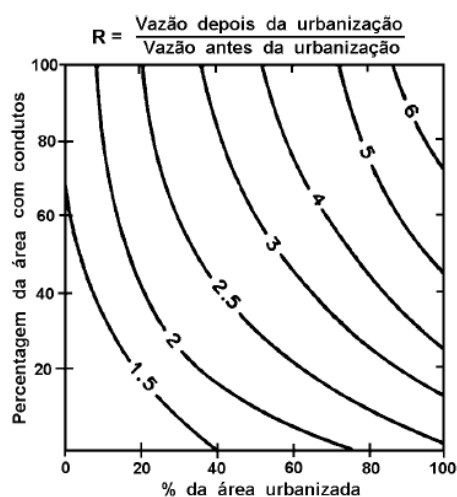
Ao se abordar o impacto das chuvas em uma bacia hidrográfica, torna-se conveniente citar o seu processo de urbanização, pois, de acordo com Souza (2008), “a ocupação do território urbano modifica as características do ambiente através da utilização do solo por meio da implantação de indústrias, moradias, espaços públicos, bem como pelo uso dos recursos naturais”.

A partir da segunda metade do século XX, a intensa concentração da população em áreas urbanas manifestou-se como um fenômeno mundial, inclusive no Brasil. Constatou-se um aumento considerável no fluxo do campo em direção às cidades, agravando os problemas de infraestrutura urbana, com forte impacto no saneamento básico, aí incluída a drenagem urbana (COSTA; SIQUEIRA; MENEZES FILHO, 2007).

Segundo Nakazone (2005), “o desenvolvimento da bacia hidrográfica muda as características de uso e ocupação do solo, propiciando a remoção da camada vegetal, a terraplenagem das áreas e a impermeabilização das superfícies”. Agra (2001) aponta que “vários autores relacionaram os índices de impermeabilização com a densidade habitacional”, de modo a se “caracterizar cenários futuros de impermeabilização através das estimativas de crescimentos populacional”.



Tucci (2009) afirma que “as consequências da urbanização que mais diretamente interferem com a drenagem urbana são as alterações do escoamento superficial direto” e que em casos extremos, verifica-se que o pico da cheia em uma bacia urbanizada pode chegar a ser seis vezes maior do que o pico desta mesma bacia em condições naturais, conforme ilustrado na Figura 1.



**Figura 1 – Efeito da urbanização sobre a vazão máxima**  
**Fonte: Tucci (2009)**

Tucci (2009) cita fatores de ocupação que podem interferir na drenagem urbana, tais como: crescimento de loteamentos executados sem condições técnicas adequadas, ocupação de áreas impróprias, crescimento de favelas e invasões, ocupação extensa e adensada dificultando a construção de canalizações e eliminando áreas de armazenamento.

Segundo Vicentini (2000), a ocupação desordenada das cidades ocorreu em virtude da falta de diretrizes urbanísticas e da falta de controle na implantação dos loteamentos, fazendo com que a população se instalasse em áreas de risco. Souza (2008) afirma que a urbanização descontrolada e não planejada é responsável por gerar fatores “responsáveis pelas modificações no ciclo hidrológico e no comportamento da micro e macrodrenagem”.

A microdrenagem inclui a coleta e a condução das águas superficiais através de pequenas e médias galerias, fazendo ainda parte do sistema todos os componentes para que tal projeto ocorra. A macrodrenagem inclui,

além da microdrenagem, as galerias de grande porte e os corpos receptores, tais como canais e rios canalizados ou não (ENOMOTO, 2004).

De acordo com Enomoto (2004), “geralmente a capacidade da microdrenagem é planejada para expulsar água do loteamento, porém a macrodrenagem muitas vezes não está preparada para receber esse acúmulo continuado de ampliação urbana”. Campos (2009) aponta que “a combinação do impacto dos diferentes loteamentos produz aumento da ocorrência de enchentes para jusante”, tendo-se em vista a sobrecarga dos condutos sobre riachos e canais que atravessam as cidades. Logo, pode ocorrer a necessidade de ampliação da capacidade dos condutos, aumentando-se os custos do sistema.

A ocupação de áreas de risco pela população de baixa renda é preocupante, já que muitas áreas inundáveis urbanas são repentinamente sujeitas ao surgimento de favelas e, assim, suscetíveis aos trágicos eventos de deslizamentos de encosta, soterramentos e inundações, quando estas se localizam na calha secundária de cursos de água ou em áreas de inundação em fundos de vales, lagoas, ou mesmo às margens de córregos que drenam água de extensas bacias de drenagem (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009).

No Quadro 1 são apresentadas as relações de causa e efeito para diversos processos que ocorrem em áreas urbanas:

<b>CAUSAS</b>	<b>EFEITOS</b>
Impermeabilização	- Maiores picos e vazões
Redes de drenagem	- Maiores picos a jusante
Lixo	- Degradação da qualidade da água - Entupimento de bueiros e galerias
Redes de esgoto deficientes	- Degradação da qualidade da água - Moléstias de veiculação hídrica - Inundações: consequências mais sérias
Desmatamento e desenvolvimento indisciplinado	- Maiores picos e volumes - Mais erosão - Assoreamento em canais e galerias
Ocupação das várzeas	- Maiores prejuízos - Maiores picos - Maiores custos de utilidades públicas

**Quadro 1 – Causas e efeitos da urbanização sobre as inundações urbanas**  
Fonte: Tucci (2009)

Pode-se ainda citar o fato da ilha de calor, modificação no clima em função da urbanização, no qual as temperaturas máximas e mínimas anuais demonstram tendência em aumentar com o crescimento da área urbanizada, existindo a possibilidade de alteração no regime pluvial, uma vez que o calor armazenado em ruas e edificações pode ocasionar precipitações mais intensas (CAMPOS, 2009).

Quanto aos impactos sobre a população, Viola (2008) cita: (i) prejuízos de perdas materiais e humanas; (ii) interrupção da atividade econômica das áreas inundadas; (iii) contaminação por doenças de veiculação hídrica e; (iv) contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico, estações de tratamentos entre outros.

Vicentini (2000) afirma que “a bacia hidrográfica deve ser utilizada como unidade de planejamento e gerenciamento, não só da água, mas também, das atividades econômicas, sociais e dos interesses ambientais”, de forma a se ter um gerenciamento integrado, com o intuito da utilização sustentável dos recursos hídricos. Para Campos (2009), a drenagem urbana com premissas ambientais contribui para reduzir os efeitos das chuvas, uma vez que “é favorável à manutenção de córregos naturais e ao armazenamento em bacias de retenção”.

Neste sentido, em um contexto de crescente impermeabilização e redução da capacidade dos solos em infiltrar as águas das chuvas, o correto funcionamento e a manutenção do sistema de drenagem urbana permitem a atenuação de problemas ambientais, especialmente processos erosivos acelerados, assoreamento e inundações. Além disso, o rápido escoamento das águas pluviais previne a formação de poças e alagados, evitando a proliferação de mosquitos, responsáveis pela transmissão de doenças, como a dengue, a febre amarela, a malária e a leishmaniose (KRONENBERGER et al., 2011).

Os principais impactos das chuvas serão abordados a seguir.

### 3.1.1 Inundações

As inundações podem ser consideradas como fenômenos naturais de rios e outros corpos d'água. Porém, ao ultrapassarem seus limites naturais, podem causar problemas para a população (ENOMOTO, 2004). Segundo Colombo (2002), as inundações urbanas “constituem-se um dos principais impactos negativos sobre a

população urbana, tanto do ponto de vista da saúde pública quanto econômica”, podendo ocorrer em virtude da urbanização ou da inundação natural das várzeas ribeirinhas.

Cidades cortadas por cursos de água, os quais são sujeitos a grandes variações de vazões em tempos relativamente curtos, tornam-se extremamente vulneráveis aos trágicos eventos de inundação, com prejuízos enormes a economia das propriedades ribeirinhas e, sobretudo, de alto risco de perdas de vidas humanas (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009).

O aumento do volume escoado, fruto da impermeabilização do solo e da conseqüente diminuição da infiltração, faz com que uma parcela maior de chuva seja direcionada aos cursos d'água da bacia por meio do escoamento superficial. Em contrapartida as enchentes naturais atingem a população que ocupa as margens de rios por falta de planejamento do uso do solo ou por ocupação indevida (COLOMBO, 2002).

De acordo com Atlas (2011) as áreas de inundações ou alagamentos podem ser classificadas em:

- Áreas urbanas ocupadas, inundáveis naturalmente pelos cursos d'água;
- Áreas de baixios (terras baixas), próximas aos leitos dos rios, inundáveis na estação chuvosa e, em geral, constantemente alagadas;
- Áreas ocupadas irregularmente e/ou inadequadamente, ou seja, que não possuem os requisitos previstos em lei quanto à condição jurídica de ocupação ou posse da terra, ao acesso aos serviços urbanos básicos e aos padrões de urbanização, constituindo ocupações inadequadas por estarem situadas em áreas de riscos ou de proteção ambiental;
- Áreas não usualmente inundáveis, próximas aos leitos dos cursos d'água nas quais normalmente não ocorrem inundações.

Ainda segundo Atlas (2011), existem os seguintes fatores que podem intensificar o transbordamento de água da calha normal de rios, lagos e açudes, causando inundações e alagamentos:

- Dimensionamento inadequado de projeto, o qual é elaborado com parâmetros técnicos antiquados não apropriados às condições reais do local;
- Obstrução de bueiros e bocas de lobo;

- Obras inadequadas construtivamente ou baseadas em projetos inadequados;
- Ocupação intensa e desordenada do solo, proporcionada pela construção de imóveis de forma acelerada, sem levar em consideração padrões técnicos responsáveis por proporcionar o adensamento adequado do solo urbano;
- Lençol freático alto em terrenos onde o nível da água do subsolo está próximo à superfície, normalmente em locais próximos a nascentes ou cursos d'água;
- Interferências físicas no sistema de drenagem pluvial ou nos leitos dos cursos d'água, como as causadas com tubulações de outras concessionárias e a construção de edificações sobre as tubulações, as quais podem ser danificadas;
- Desmatamento, caracterizado pela retirada da cobertura vegetal de determinada área ou região, ocorrendo basicamente por fatores econômicos e acarretando desequilíbrios dos ecossistemas, empobrecimento do solo e assoreamento dos rios;
- Lançamento inadequado de resíduos sólidos próximo aos cursos d'água ou mesmo em seus leitos, reduzindo a sua capacidade de escoamento.

Dados referentes à Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) do ano de 2008, citada por Guerra (2011), apontam que 40,8 % dos municípios do país sofreram com inundações na área urbana e que 30,6 % dos municípios brasileiros tiveram inundações em áreas que não são usualmente inundáveis.

Na Tabela 1 é apresentada a porcentagem de ocorrência dos fatores agravantes para inundações nos municípios brasileiros que sofreram com esse problema em 2008, de acordo com pesquisa realizada pelo IBGE.

**Tabela 1 – Percentual de municípios que sofreram inundações, segundo fatores agravantes**

<b>Fatores agravantes</b>	<b>Percentual dos municípios que sofreram inundações (%)</b>
Dimensionamento inadequado de projeto	30,7
Obstrução de bueiros, bocas de lobo, etc.	45,1
Obras inadequadas	31,7
Ocupação intensa e desordenada do solo	43,1

<b>Fatores agravantes</b>	<b>Percentual dos municípios que sofreram inundações (%)</b>
Lençol freático alto	15,8
Interferência física no sistema de drenagem	18,6
Desmatamento	21,3
Lançamento inadequado de resíduos sólidos	30,7

**Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2010 *apud* Guerra, 2011<sup>1</sup>**

Nota-se que os principais fatores são a obstrução de bocas de lobo, juntamente com a ocupação intensa e desordenada do solo, itens presentes em quase metade das cidades brasileiras com incidência de inundações.

### 3.1.2 Doenças de Veiculação Hídrica

Segundo Tucci e Silveira (2001), as doenças de veiculação hídrica podem ocorrer pelo desenvolvimento de processos relacionados ao gerenciamento inadequado de água no ambiente urbano, tais como:

- Falta de água segura de abastecimento da população, sendo a diarreia a doença mais frequente;
- Fatores relacionados com a higiene e educação das pessoas;
- Relação entre ambiente e disposição da água, possibilitando condições para propagação de doenças como malária, dengue, esquistossomose e outras;
- Inundações.

Os dois primeiros itens citados anteriormente podem ser explicados, por Souza (2008), pelo fato da intensa utilização dos cursos d'água para a diluição de efluentes domésticos e industriais, assim como a poluição difusa de origem pluvial e o acúmulo de resíduos sólidos lançados pela população. Isso causa a degradação ambiental, diminuindo a capacidade de suporte do meio e aumentando a proliferação de doenças de veiculação hídrica.

<sup>1</sup> **PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.** Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

As inundações, segundo Kronemberger et al. (2011), “quando associadas ao lançamento de esgoto não tratado em rios e a disposição inadequada do lixo, podem causar sérios problemas sanitários e de saúde pública, e contribuir para disseminar doenças de veiculação hídrica”, aumentando-se a incidência de leptospirose, hepatites virais, diarreias e outras.

### 3.1.3 Erosão, Transporte de Sedimentos e Assoreamento

A erosão do solo é causada pela ação de agentes erosivos, sendo eles a água e o vento. A erosão pluvial hídrica, relacionada com a drenagem urbana, ocorre pelo impacto da queda das gotas de chuva e pelo movimento da enxurrada ou escoamento superficial dela originado (VOLK, 2006).

Righetto, Moreira e Sales (2009) relacionam a erosão, o transporte de sedimentos e o assoreamento da seguinte maneira: “a ocupação urbana aumenta significativamente a velocidade do escoamento superficial, crescendo o potencial erosivo do solo, com reflexo no transporte de sedimentos e o consequente assoreamento de rios e lagos”. Além disso, segundo os autores, “a redução do volume útil nesses corpos de água diminui a capacidade de retenção, aumentando o risco de inundações”.

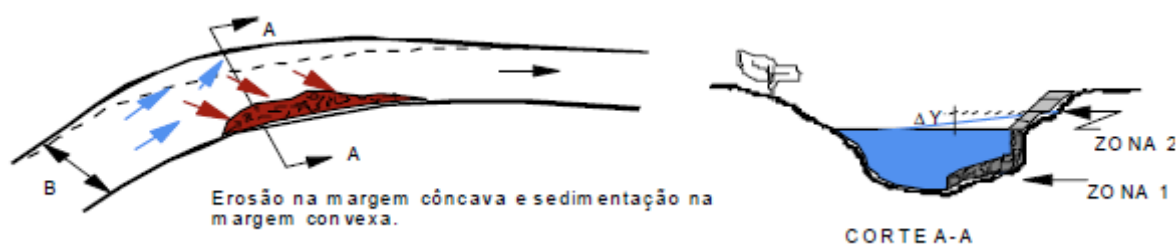
Para Hilu (2003), “o processo erosivo, como um todo, geralmente é prejudicial, causando danos ao meio ambiente, como destruição de vegetação e fauna, assoreamento dos rios, além de prejuízos econômicos a sociedade”. Ainda, o assoreamento originado em trechos de rios utilizados para navegação ou reservatórios, implica em grandes obras para retirada de material sólido, que podem ocasionar dificuldades técnicas e altos custos. De acordo com Carvalho (1994 *apud* HILU, 2003)<sup>2</sup>, estudos de erosão e de transporte de sedimentos são importantes para a navegação, previsão de assoreamento em reservatórios, degradação de canais, inundações e preservação de rios e suas bacias.

Medidas de proteção das margens ou taludes são importantes para evitar a erosão, pois durante as cheias a velocidade de escoamento das águas pode colocar

---

<sup>2</sup> CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

em risco a integridade dos canais. É importante abordar o fato de a erosão ocorrer principalmente na parte externa dos trechos curvos e a sedimentação na porção interna, conforme a Figura 2 (KRÜGER; DZIEDZIC, 2010).



**Figura 2 – Erosão típica da margem de um rio em trecho de curva**  
**Fonte: Beltrão, 2002 *apud* Krüger; Dzedzic, 2010<sup>3</sup>**

Segundo Krüger e Dzedzic (2010) e considerando a Figura 2, podem ser feitas as seguintes afirmações quanto à proteção da margem de um rio:

- A proteção da Zona 1 ocasiona a estabilização do leito, e haverá somente a erosão da Zona 2 até o talude de equilíbrio;
- A proteção somente da Zona 2 ocasiona a erosão da Zona 1 e o talude tende à vertical, provocando o deslizamento da Zona 2, e continuando o ciclo de erosão. Portanto, não adianta proteger somente a Zona 2, devendo-se proteger prioritariamente a Zona 1.

As formas de proteção podem ser por meio do revestimento de taludes (com vegetação, enrocamento ou gabiões), estruturas de contenção (lajes de concreto armado, muros de arrimo, muros de gabiões, cortinas atirantadas ou estacas-prancha) e espigões. “As proteções com revestimentos e estruturas de contenção fixam o talude de forma definitiva, não diminuem a seção hidráulica, mas têm construção e manutenção mais difíceis e caras”. Os espigões, estruturas de proteção de margens transversais às linhas de corrente, possuem construção mais simples e manutenção mais econômica (KRÜGER; DZIEDZIC, 2010).

<sup>3</sup> BELTRÃO, A. **Notas de Aula de Recursos Hídricos**. Projeto Eureka, 2002.



Para Silveira (2002), “os sedimentos, assim como o lixo, são resíduos sólidos de alto impacto na cidade e na rede de drenagem urbana”, sendo que a produção de ambos materiais varia de acordo com os estágios de desenvolvimento das cidades, os quais, segundo Tucci (2002 *apud* SILVEIRA, 2002)<sup>4</sup> são:

- Estágio inicial: ocorre a predominância da geração de sedimentos, uma vez que a retirada de cobertura de proteção natural da bacia acaba por desproteger o solo, facilitando a erosão em períodos chuvosos e o consequente transporte de sedimentos;
- Estágio intermediário: “parte da população está estabelecida, ainda existe importante movimentação de terra devido a novas construções e a produção de lixo da população se soma ao processo de produção de sedimentos”;
- Estágio final: “praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas e apenas resulta produção de lixo urbano, com menor parcela de sedimentos de algumas áreas de construção ou sem cobertura consolidada”.

De acordo com Kronemberger et al. (2011), em sistemas de drenagem muito antigos ou cujo dimensionamento e/ou ampliações não acompanharam o crescimento da área urbana e do sistema viário dos municípios, há tendência de acumulação do material sedimentar erodido, sendo o assoreamento um dos importantes causadores do estrangulamento do sistema de drenagem urbana, uma vez que diminui o potencial de vazão do sistema, podendo causar sérios problemas quando da ocasião de grandes chuvas.

Segundo Tucci (2002 *apud* SILVEIRA, 2002)<sup>5</sup> as principais consequências ambientais da produção de sedimentos são o assoreamento das seções de canalizações da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos, além do transporte de poluentes agregados ao sedimento, os quais contaminam as águas pluviais.

O transporte de sedimentos em sistemas de drenagem é um indicador significativo da contaminação das águas pluviais, pois revela a capacidade erosiva e de transporte dos deflúvios superficiais e a incorporação de contaminantes depositados nas superfícies dos terrenos e vias públicas. Nos baixios, as canalizações de drenagem podem se tornar rapidamente

---

<sup>4</sup> TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan./mar. 2002.

<sup>5</sup> TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan./mar. 2002.

obstruídas, podendo comprometer seriamente a capacidade de drenagem da área. Em regiões litorâneas, as baixas declividades sempre reinantes obrigam a se dimensionar galerias de grandes dimensões. No entanto, não ocorrendo a manutenção e a limpeza frequente dessas galerias, a obstrução por depósitos de sedimentos pode, dramaticamente, ocasionar grandes alagamentos pela incapacidade de veiculação das águas pelas galerias e pela falsa confiabilidade de funcionamento do sistema (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009).

Silveira (2002) afirma que nas cidades brasileiras “não há sistema de coleta sistemática de sedimentos, fora o varrimento de pequenas quantidades em clima seco, depois que maiores quantidades são carregadas pela chuva”, além de que “as dragagens são feitas só de modo eventual”.

O problema da erosão e assoreamento nos municípios brasileiros pode ser comprovado por meio de dados referentes à PNSB do ano de 2008, citada por Kronemberger et al. (2011):

- Dentre os municípios que fazem o manejo das águas pluviais (MAP), cerca de 27,3% informaram a existência de processos erosivos que afetaram o sistema de drenagem urbana, e 32,3% declararam ter erosão na área urbana nos últimos cinco anos, a partir da data de referência da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008;
- Dentre os que tiveram erosão urbana, 63,1% a associou a terrenos sem cobertura vegetal, 47,3% afirmaram possuir erosão do leito natural de cursos d'água, 32,7% afirmaram possuir erosão de taludes e 22,5% a associou ao ravinamento (voçoroca);
- Entre os fatores agravantes da erosão foram mencionados, principalmente, o sistema inadequado de drenagem urbana (48,2% dos municípios), as condições geológicas e morfológicas do terreno (47,8% dos municípios), e a ocupação intensa e desordenada do solo (46,4% dos municípios), além de outras causas, tais como desmatamento e lançamento inadequado de lixo;
- O assoreamento do sistema de drenagem urbana atinge 40% daqueles que fazem MAP;
- Em 19% dos municípios com MAP, ocorre associação entre erosão e assoreamento, e em 25% deles há uma conjugação do assoreamento com as inundações.

Ao se abordar a questão de erosão, transporte de sedimentos e assoreamento nos municípios brasileiros, convém citar o caso das dragagens do Rio Tietê, em São Paulo. As obras de ampliação de sua calha fizeram parte de medidas que visaram ao aumento de sua capacidade de vazão para o controle de enchentes na Região Metropolitana de São Paulo (LIMA, 2008).

### 3.2 GERENCIAMENTO DA DRENAGEM URBANA

As etapas de evolução por quais passou o conceito de saneamento pluvial urbano são, segundo Silveira (1998), as seguintes:

- Conceito higienista: eliminação sistemática das águas paradas ou empoçadas nas cidades, com o conceito de evacuação rápida para longe, por meio de canalização subterrânea;
- Racionalização e normatização dos cálculos hidrológicos: mantém o conceito anterior, porém procura estabelecer melhor o cálculo hidrológico para dimensionamento das obras hidráulicas, surgindo o método racional;
- Abordagem científica e ambiental do ciclo hidrológico urbano: conceito de consciência ecológica e hidrologia urbana, com alternativas para a evacuação rápida, reconhecimento da poluição do esgoto pluvial e pressão para o tratamento dos esgotos.

De acordo com Canholi (2005), “os problemas de drenagem urbana nas grandes e médias cidades brasileiras que ainda experimentam grande expansão têm-se mostrado calamitosos”, o que demonstra a “necessidade de procurar soluções alternativas estruturais e não estruturais e mesmo de conhecer melhor a fenomenologia climatológica, ambiental, hidrológica e hidráulica do problema”, além dos aspectos sociais e político-institucionais.

Segundo Guerra (2011), para se aumentar a eficiência dos sistemas de drenagem e evitar as inundações deve-se realizar um manejo das águas pluviais, tornando-se necessário o uso de dispositivos de retenção ou amortecimento da vazão das águas, para atenuar sua energia e diminuir o carregamento de sedimentos para os corpos receptores.

A associação de informações hidrológicas (destinadas a monitorar os cursos d'água, como as medições de vazão para atualização da curva de descarga em determinado ponto) e meteorológicas (revelam a intensidade das águas das chuvas que ocorrem em certo lugar num período de tempo) se torna interessante para o planejamento de ações de contenção e amortecimento das águas em meio urbano (GUERRA, 2011).

Para Guerra (2011), a manutenção e conservação periódica das unidades que compõem o sistema (bocas de lobo, redes coletoras, emissários, dispositivos de amortecimento de vazão, bacias de dissipação de energia) também contribuem para a eficiência da drenagem urbana. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) do ano de 2008, citada por Guerra (2011), destaca que a manutenção no sistema de drenagem implantado é realizada em 85,8% dos municípios que fazem manejo de águas pluviais.

Na PNSB (2010) “considerou-se que o município tinha serviço de manejo de águas pluviais quando este existisse em pelo menos um distrito, ou parte dele, independentemente da extensão da rede de drenagem”. De acordo com esse critério, embora 95% dos municípios brasileiros realizem o manejo das águas pluviais, a necessidade de evolução do sistema de drenagem urbana no Brasil pode ser exemplificada, num cenário atual, por dados referentes à PNSB do ano de 2008, citada por Guerra (2011):

- Apenas 11,9% dos 5564 municípios brasileiros apresentam algum dispositivo de contenção de águas pluviais;
- Apenas 11,4% dos municípios brasileiros que fazem manejo de águas pluviais usam informações hidrológicas ou fluviométricas, sendo a Região Sudeste a que apresenta maior percentual de seus municípios, com 15,4%;
- Apenas 28,3% dos municípios brasileiros que fazem manejo de águas pluviais usam informações meteorológicas ou pluviométricas, com destaque novamente para a Região Sudeste, com 33,4%.

As três Unidades da Federação que apresentaram as maiores proporções de municípios com dispositivos coletivos de detenção e amortecimento de vazão das águas pluviais urbanas foram: Mato Grosso do Sul (53,8%), Paraná (31,8%) e Mato Grosso (28,6%). No outro extremo, destacaram-se os Estados do Piauí (0,9%), Tocantins (2,9%) e Santa Catarina (3,1%) (PNSB, 2010).

Segundo dados obtidos da PNSB (2010), dentre os municípios que declararam possuir o manejo de águas pluviais, é bastante variável o uso de diferentes corpos receptores para as águas pluviais (Tabela 2).

**Tabela 2 – Porcentagem de uso dos diferentes corpos receptores**

<b>Tipo de corpo receptor</b>	<b>Porcentagem de uso</b>
Cursos d'água (rios) permanentes	74,4%
Cursos d'água (rios) intermitentes	16,9%
Mar	2,9%
Lagoas	10,0%
Áreas livres públicas ou particulares	20,7%
Outros	5,3%

**Fonte: PNSB (2010)**

Segundo Kronemberger et al. (2011), “uma variável importante para avaliar a qualidade do manejo de águas pluviais é a pavimentação de ruas com sistema de drenagem subterrânea (tubulações e/ou galerias e/ou canais) na área urbana”, estando os maiores percentuais (acima de 50%) de vias pavimentadas nos municípios das Regiões Sul e Sudeste do País.

Para Agra (2001), na tentativa de minimizar os efeitos da urbanização sobre o ciclo hidrológico, a engenharia utiliza o planejamento dos sistemas de drenagem urbana e as medidas de controle, os quais serão abordados a seguir.

### 3.2.1 Planos de Drenagem Urbana

Segundo Canholi (2005), a capacidade de armazenamento natural dos deflúvios é reduzida pela urbanização caótica e pelo uso inadequado do solo. Além disso, Colombo (2002) afirma que essas interferências acarretam alterações na geração das vazões e em suas frequências de ocorrências.

A perda da capacidade de armazenamento natural do solo foi solucionada, ao longo da história, com obras de galerias e canalizações. Porém, dessa forma

ocorre o aumento da velocidade dos escoamentos e diminuição do tempo de concentração, transferindo para jusante o problema dos maiores picos de vazão. Áreas que anteriormente não sofriam com inundações podem passar a tê-las. Além disso, pode ocorrer sobrecarga de rios e córregos com conseqüente transbordamento da calha do rio e ocorrência de inundação (CANHOLI, 2005).

Tucci (2009) enumera os seguintes fatores para que se tenham soluções eficazes de drenagem urbana:

- Existência de uma política que determine os objetivos a serem alcançados e os meios para atingi-los;
- Existência de uma política de ocupação do solo urbano, relacionada com a política de drenagem urbana;
- Processo de planejamento com medidas de curto, médio e longo prazo;
- Existência de uma entidade eficiente para exercer a liderança do setor;
- Domínio da tecnologia adequada para etapas de planejamento, projeto, construção e operação de obras;
- Organização de campanhas de educação e esclarecimentos da opinião pública.

Righetto, Moreira e Sales (2009) afirmam que a base de análise para gestão das águas pluviais urbanas deve ser um Plano Diretor da Cidade, no qual se integra o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU). Um PDDU tem a intenção de planejar a distribuição dos deflúvios superficiais em função da ocupação e da evolução da infraestrutura de drenagem, objetivando minimizar ou eliminar prejuízos econômicos e ambientais.

Segundo Tucci (2009), a elaboração desses planos “é medida altamente recomendável e constitui estratégia essencial para a obtenção de boas soluções de drenagem urbana”, sendo composta pelas seguintes etapas:

- Determinação das características da bacia;
- Simulação do comportamento hidrológico da bacia para condições atuais e futuras;
- Identificação das possíveis medidas estruturais e não estruturais cabíveis;
- Elaboração de cenários que quantifiquem os resultados de diferentes políticas de atuação;

- Delineação da várzea de inundação;
- Quantificação dos efeitos da aplicação do plano em termos de custos, benefícios e eficiência para atingir seus objetivos.

Wanielista e Yousef (1993 *apud* CANHOLI, 2005)<sup>6</sup> afirmam que um plano de drenagem deve conter:

- Formulação de planos alternativos de controle ou correção de sistemas de drenagem;
- Análise da viabilidade técnica e econômica das alternativas, considerando aspectos sociopolíticos e ambientais;
- Metodologia consistente para seleção da alternativa ótima.

### 3.2.2 Medidas de Controle

Nakazone (2005) cita uma classificação quanto à conceituação envolvida (soluções convencionais ou tradicionais e soluções não convencionais, alternativas ou compensatórias), a qual também é abordada por Canholi (2005).

Existe ainda uma classificação para as medidas de controle quanto ao local de intervenção, conforme Nakazone (2005):

- Na fonte ou distribuídas: atuam próximo ao local de formação do escoamento superficial, sobre lotes ou áreas primárias de desenvolvimento;
- A jusante: tratam de vazões de maior porte, sobre os principais cursos d'água urbanos.

Para Canholi (2005), “as medidas de correção e/ou prevenção que visam a minimizar os danos das inundações são classificadas, de acordo com sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais”. Segundo Müller (2011), medidas estruturais e não estruturais se tratam de práticas complementares e interdependentes, sendo a gestão da inundação obtida por meio de sua

---

<sup>6</sup> WANIELISTA, M. P.; YOUSEF, Y. A. **Stormwater management**. John Wiley & Sons, Inc., 1993.

combinação, a qual deve permitir às populações ribeirinhas a minimização de suas perdas e a convivência harmônica com o rio.

Pela mesma razão explicitada no início desta revisão, uma maior ênfase será dada às medidas não convencionais de controle, por se tratarem justamente de abordagens mais modernas do problema.

### 3.2.2.1 Medidas estruturais

Segundo Canholi (2005), as medidas estruturais correspondem às obras de engenharia que podem ser implantadas com o objetivo de corrigir ou prevenir os problemas decorrentes das enchentes. Enomoto (2004) afirma que são medidas implementadas com o intuito de reduzir o risco de enchentes, modificando o sistema fluvial e sendo as mais onerosas.

Canholi (2005) as caracteriza como medidas intensivas e extensivas. As primeiras são classificadas de acordo com os seguintes objetivos:

- De aceleração do escoamento: canalização e obras correlatas, como o corte de meandros, aumentando a capacidade de descarga dos rios e reduzindo o pico das cheias no local da obra;
- De retardamento do fluxo: reservatórios (bacias de detenção/retenção para amortecimento de pico), restauração de calhas naturais;
- De desvio do escoamento: túneis de derivação e canais de desvio.

“Por sua vez, as medidas extensivas correspondem aos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, à recomposição de cobertura vegetal e ao controle de erosão do solo, ao longo da bacia de drenagem” (CANHOLI, 2005).

Para Righetto, Moreira e Sales (2009), as medidas estruturais que promovem a retenção temporária do escoamento “permitem o controle qualitativo da vazão gerada na bacia, seja pelo armazenamento temporário do volume escoado, seja pela redução da carga poluidora”. Em alguns países ocorre a utilização de medidas estruturais para o tratamento de água escoada, com a remoção de poluentes presentes.



### 3.2.2.2 Medidas não estruturais

Canholi (2005) afirma que as medidas não estruturais têm o objetivo de reduzir os prejuízos ou as consequências das inundações sem contemplar obras civis. Segundo Righetto, Moreira e Sales (2009), essas medidas “utilizam meios naturais para reduzir a geração do escoamento e a carga poluidora”, além de envolver “ações de cunho social para modificar padrões de comportamento da população, tais como meios legais, sanções econômicas e programas educacionais”.

Para isso, de acordo com Canholi (2005), são utilizadas normas, regulamentos e programas que visam “ao disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem”, além de “disciplinar o comportamento de consumo das pessoas e atividade econômicas”.

“As medidas não estruturais defendem a melhor convivência da população com enchentes. Não são projetadas para dar proteção completa, pois isso exigiria uma atuação contra a maior enchente possível” (ENOMOTO, 2004). “A combinação dessas medidas com as medidas estruturais pode minimizar significativamente os prejuízos com um custo menor” (TASSI, 2002).

Segundo Righetto, Moreira e Sales (2009), “são denominados sistemas de controle na fonte, pois atuam no local ou próximo das fontes de escoamento, estabelecendo critérios de controle do uso e ocupação do solo nessas áreas”. Para os autores, a importância das medidas não estruturais tem aumentado, uma vez que são eficientes em solucionar problemas na fonte, além de reduzir custos com obras de drenagem e evitar obras mais caras no futuro.

Canholi (2005) afirma que “as ações não estruturais podem ser eficazes a custos mais baixos e com horizontes mais longos de atuação”. As principais medidas não estruturais citadas por Canholi (2005) são as seguintes:

- Zoneamento de áreas inundáveis: Trata-se da delimitação das áreas sujeitas a inundações em função do risco, com a respectiva regulamentação para construção, podendo-se ainda desapropriar algumas áreas, as quais seriam destinadas para praças, parques, estacionamentos e outros (CANHOLI, 2005). Müller (2011) afirma que os locais mais apropriados para

amortecimento da bacia “são as áreas mais alagadiças e junto ao sistema de drenagem principal”.

- Ações de regulamentação do uso e ocupação do solo: Visam prevenir contra os fatores de ampliação dos deflúvios (impermeabilização intensiva da bacia de drenagem e ocupação de áreas inundáveis), os quais sobrecarregam a capacidade natural de armazenamento e o escoamento das calhas dos rios (CANHOLI, 2005).
- Educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo: Pode ser caracterizada pelos esforços de conscientização da população sobre os efeitos negativos da impermeabilização do solo urbano, das campanhas contra o lançamento de lixo nos córregos e sobre as alternativas para detenção do escoamento superficial (KRÜGER; DZIEDZIC, 2010).
- Seguro-enchente: Segundo Canholi (2005), “podem ser calculados a partir da determinação dos riscos associados às cheias”. De acordo com Krüger e Dzedzic (2010), “esta medida permite à população o ressarcimento contra prejuízos causados pelas enchentes”.
- Sistemas de alerta e previsão de inundações: Visam evitar o fator surpresa, além de facilitar as ações preventivas de isolamento ou retirada de pessoas e bens das áreas de risco, bem como a adoção de desvios de tráfego (CANHOLI, 2005). A bacia urbana deverá ser monitorada em tempo real, com coleta contínua de dados hidrológicos, porém bacias menores possuem um tempo de resposta muito rápido, tornando difíceis a mobilização da Defesa Civil e o alerta da população (KRÜGER; DZIEDZIC, 2010).

Righetto, Moreira e Sales (2009) sugerem mais algumas medidas não estruturais e as classificam conforme as seguintes categorias:

- Planejamento e manejo da água: equipe técnica capacitada, superfícies com vegetação, telhados verdes e urbanização de pequeno impacto;
- Manutenção dos dispositivos de infiltração nas vias: varrição de ruas, coleta de resíduos sólidos, limpeza dos sistemas de filtração, manutenção das vias e dos dispositivos, manutenção dos canais e cursos d’água;
- Reúso de água pluvial: jardinagem, lavagem de veículos, sistema predial, fontes e lagos;

- Controle de conexão ilegal do esgoto: medidas de prevenção contra a conexão ilegal, fiscalização (detecção, retirada e multa), controle do sistema de coleta de esgoto e tanques sépticos.

### 3.2.2.3 Medidas não convencionais

Ao contrário das medidas convencionais, baseadas no conceito tradicional da canalização e amplamente utilizadas em território brasileiro, as medidas não convencionais para a drenagem urbana podem ser definidas por estruturas, obras, dispositivos ou como conceitos diferenciados de projeto, com utilização ainda não disseminada. Vale ressaltar que para se obter a adequação ou otimização do sistema, pode ocorrer a associação entre esses tipos de medidas (CANHOLI, 2005).

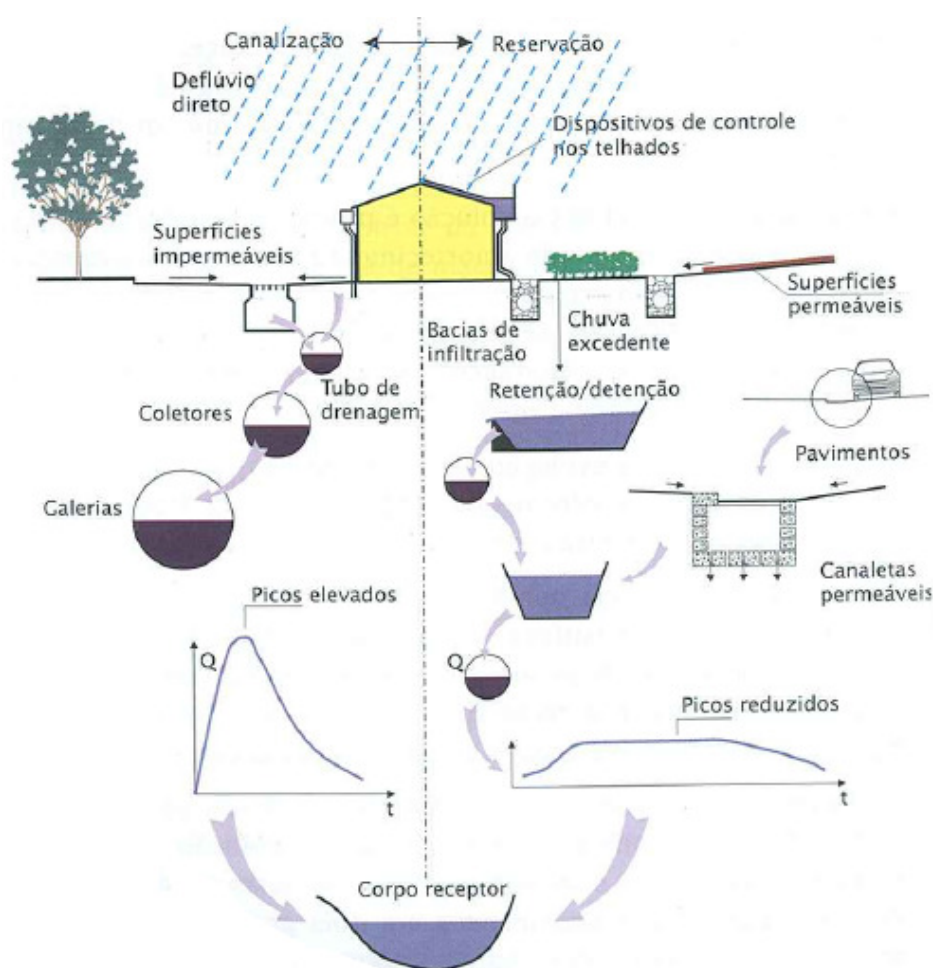
Nakazone (2005) afirma que as medidas não convencionais utilizam conceitos de armazenamento e infiltração, sem enfoque no rápido afastamento dos escoamentos. Logo, aumenta-se o tempo de concentração para a bacia hidrográfica, sem prejudicar as vazões a jusante. Considera-se importante para esse estudo a diferenciação entre canalização e reservação, conforme demonstrado no Quadro 2.

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>CANALIZAÇÃO</b>	<b>RESERVAÇÃO</b>
Função	- Remoção rápida dos escoamentos	- Contenção temporária para subsequente liberação
Componentes principais	- Canais abertos - Galerias	- Reservatórios a superfície livre - Reservatórios subterrâneos
Aplicabilidade	- Instalação em áreas novas - Construção por fases - Ampliação de capacidade pode se tornar difícil (centros urbanos)	- Áreas novas (em implantação) - Construção por fases - Áreas existentes (à superfície ou subterrânea)
Impacto nos trechos de jusante (quantidade)	- Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior - Maiores obras à jusante	- Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões à jusante compatíveis com capacidade disponível
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	- Transporta para o corpo receptor toda carga poluente afluente	- Facilita remoção de material flutuante por concentração e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação

CARACTERÍSTICA	CANALIZAÇÃO	RESERVAÇÃO
Manutenção / Operação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo)</li> <li>- Manutenção nas galerias é difícil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessária limpeza periódica</li> <li>- Necessária fiscalização</li> <li>- Sistemas de bombeamento requerem operação / manutenção</li> <li>- Desinfecção eventual (insetos)</li> </ul>
Estudos hidrológicos / Hidráulicos	- Requer definição dos picos de enchente	- Requer definição dos hidrogramas (volumes de enchente)

**Quadro 2 – Comparação entre conceitos de canalização e reservação**  
**Fonte: Adaptado de Canholi (2005)**

Na Figura 3 é apresentada a diferenciação entre esses conceitos de uma forma esquemática, demonstrando a influência que proporcionam aos picos de vazão de um sistema de drenagem.



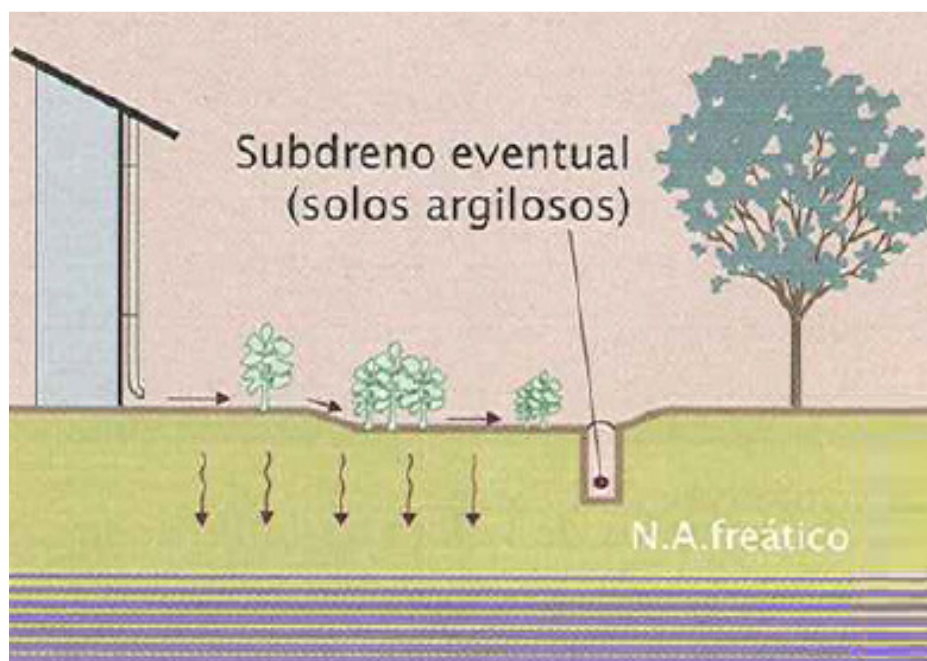
**Figura 3 – Ilustração esquemática dos conceitos de reservação x canalização**  
**Fonte: Canholi (2005)**

Canholi (2005) considera ainda como medidas não convencionais algumas classificadas também como medidas estruturais, tais como: retenção dos escoamentos em reservatórios, retardamento do fluxo nas calhas dos córregos e rios, sistemas de diques e derivação dos escoamentos.

Os dispositivos de infiltração também podem ser considerados como medidas não convencionais. Segundo Righetto, Moreira e Sales (2009), eles “têm a finalidade de reter o escoamento gerado na bacia com a infiltração no próprio local, reduzindo, assim, o impacto do escoamento excedente e da carga de poluentes lançados no corpo receptor”.

São classificados e definidos, de acordo com Canholi (2005), em dois grupos principais: métodos dispersivos e em poços. Os primeiros são dispositivos pelos quais a água superficial infiltra no solo, sendo:

- Superfícies de infiltração: permitem que as águas percorram um terreno coberto por vegetação, podendo-se instalar subdrenos em áreas com subsolo argiloso ou pouco permeável (Figuras 4 e 5);

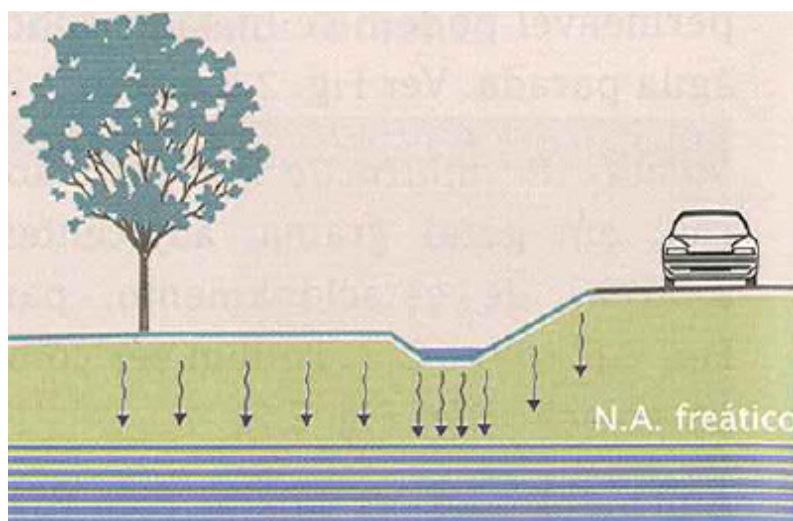


**Figura 4 – Esquema de uma superfície de infiltração**  
Fonte: Canholi (2005)



**Figura 5 – Exemplo de uma superfície de infiltração**  
Fonte: Portland, 2002 *apud* Canholi, 2005<sup>7</sup>

- Valetas de infiltração abertas: revestidas com vegetação, facilitam a infiltração em áreas adjacentes a ruas, estradas ou estacionamentos (Figuras 6 e 7);



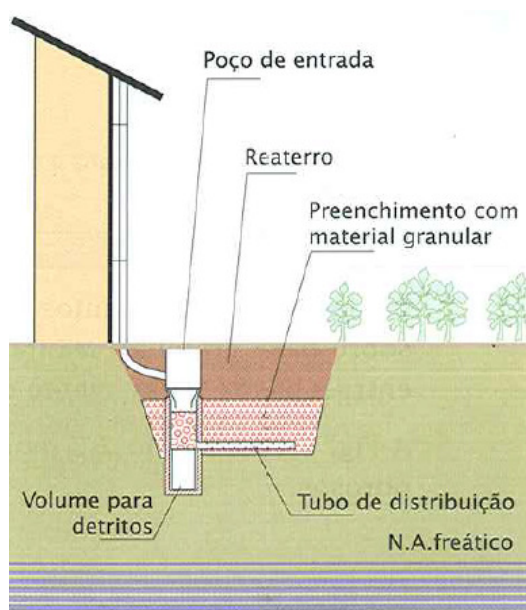
**Figura 6 – Esquema de uma valeta de infiltração**  
Fonte: Canholi (2005)

<sup>7</sup> PORTLAND, ENVIRONMENTAL SERVICES CITY OF PORTLAND CLEAN RIVER WORKS. **Stormwater Management Manual**. Adopted in 1999, revised in 2002.



**Figura 7 – Exemplos de valetas de infiltração**  
**Fonte: Portland, 2002 apud Canholi, 2005<sup>8</sup>**

- Lagoas de infiltração: são pequenas bacias de retenção com nível d'água permanente e volume de espera;
- Bacias de percolação: construídas por meio de escavação de valetas, as quais são preenchidas com brita ou cascalho, sendo posteriormente reaterradas, promovem a reservação temporária do escoamento e permitem uma percolação lenta para o subsolo (Figuras 8 e 9);



**Figura 8 – Esquema de uma bacia de percolação**  
**Fonte: Canholi (2005)**

<sup>8</sup> PORTLAND, ENVIRONMENTAL SERVICES CITY OF PORTLAND CLEAN RIVER WORKS. **Stormwater Management Manual**. Adopted in 1999, revised in 2002.



**Figura 9 – Exemplo de uma bacia de percolação**  
**Fonte: Portland, 2002 *apud* Canholi, 2005<sup>9</sup>**

- Pavimentos porosos: constituídos de concreto e asfalto convencionais, porém sem as partículas mais finas, podem ser construídos sobre camadas permeáveis, com mantas geotêxteis colocadas entre sua base e o pavimento.

Os métodos em poços são caracterizados por poços de infiltração secos ou úmidos, pelos quais ocorre recarga do nível subterrâneo por meio das águas de superfície. Porém, é necessário que o lençol freático se encontre baixo o suficiente em relação à superfície do terreno e que existam camadas arenosas no subsolo (CANHOLI, 2005).

Righetto, Moreira e Sales (2009) citam a questão do pavimento permeável (Figura 10), cuja superfície facilita a infiltração para a camada inferior do pavimento.

Na sua implantação, podem ser usados blocos de concreto pré-moldados de diferentes formatos. Nesse sistema, os blocos são assentados numa camada de areia e os espaços vazios preenchidos com material granular ou grama. Em geral, são projetados para suportar cargas dinâmicas de veículos leves em áreas de estacionamentos. Constitui uma boa alternativa não convencional para redução do efeito da impermeabilização sobre a drenagem, atuando como um reservatório (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009).

---

<sup>9</sup> PORTLAND, ENVIRONMENTAL SERVICES CITY OF PORTLAND CLEAN RIVER WORKS. **Stormwater Management Manual**. Adopted in 1999, revised in 2002.





**Figura 10 – Pavimento permeável**  
**Fonte: Santos (2011)**

Porém, segundo Righetto, Moreira e Sales (2009), “o pavimento permeável exige manutenção periódica para a retirada do sedimento fino retido na superfície (espaços entre os blocos)”, o qual pode dificultar ou prejudicar a infiltração.

### 3.2.3 Alguns Exemplos Internacionais

A partir do fim dos anos de 1960 a hidrologia urbana foi gradativamente estruturada como disciplina científica nos países desenvolvidos da América do Norte e Europa, tendo em vista a necessidade de conhecimento e controle das relações entre a cidade e o ciclo hidrológico. Normalmente há apoio governamental para a realização de pesquisas sobre efeitos da urbanização no escoamento de bacias hidrográficas, sobre a melhoria e a proposição de novas soluções para equipamentos urbanos e em relação à forma de ocupação do solo, com o intuito de reduzir impactos no meio urbano e em sua jusante (SILVEIRA, 1998).

Nos Estados Unidos, a partir de iniciativas populares, os próprios cidadãos implantam estruturas alternativas de drenagem urbana, tais como reservatórios de

armazenamento. Isso ocorre em virtude de uma cultura de participação social nas questões de desenvolvimento urbano, demonstrando a conscientização e educação ambiental presentes (NAKAZONE, 2005).

Segundo Canholi (2005), a cidade de Melbourne na Austrália possui grande experiência na utilização de bacias de retenção (medidas estruturais), tendo sua implantação iniciada na década de 1960. Porém, de acordo com Taylor e Fletcher (2007 *apud* KAWATOKO, 2012)<sup>10</sup>, pesquisas realizadas na Austrália apontaram o crescimento da utilização de medidas não estruturais para a drenagem urbana. Isso se deve pela evolução da gestão das águas urbanas das cidades, a qual passou a utilizar a combinação de medidas estruturais e não estruturais, visando o desenvolvimento com menor impacto.

Pode-se também citar o caso de Kelapa Gading. Localizada em Jakarta, capital da Indonésia, essa área é frequentemente inundada nos períodos chuvosos. O aluimento de terras, em virtude da enorme extração de águas subterrâneas, e as mudanças climáticas estão contribuindo para a ocorrência de inundações, uma vez que alterações hidrológicas proporcionam o aumento da frequência de picos de escoamento e a elevação do nível do mar (KALMAH; SURYADI; SCHULTZ, 2010).

Estudos apresentados para a região em questão possuem os objetivos de descrever a drenagem urbana e os sistemas de proteção contra inundações existentes, avaliando os possíveis impactos do aluimento de terras e a elevação do nível do mar, além de propor medidas para a redução da área inundada e uma drenagem urbana adequada. Para isso, estudaram-se medidas por meio de modelagem hidrodinâmica das condições hidráulicas e hidrológicas da região, de modo a se possuir uma ferramenta de avaliação para as opções de desenvolvimento da drenagem e proteção contra inundações (KALMAH; SURYADI; SCHULTZ, 2010).

Os resultados indicaram que os baixos níveis topográficos são causados pelo aluimento de terras e pela elevação do nível do mar, estando um sistema composto de drenagem por gravidade e bombeamento apto para atender às necessidades futuras de drenagem da região, propondo-se então a construção de um *polder* urbano (KALMAH, SURYADI; SCHULTZ, 2010).

Um temporal que atingiu a Europa ocidental em 1953 provocou o rompimento de diques na Holanda, inundando parte das províncias do sul do país,

---

<sup>10</sup> TAYLOR, A. C.; FLETCHER, T. D. **Nonstructural urban stormwater quality measures: Building a Knowledge Base to improve their use.** Springer Science + Business Media, LCC, 2007.

em um total de 150 mil hectares. Após essa catástrofe que matou 1800 pessoas e deixou outras milhares desabrigadas foi criada pelo governo a “Comissão Delta”, que aconselhou a elevação e o reforço de diques e dunas, além do fechamento de estuários com represas e barragens, com o uso de tecnologias avançadas. Logo, despertou-se o interesse internacional, fazendo com que a Sociedade de Engenheiros Civis dos Estados Unidos qualificasse o Plano Delta como uma das sete maravilhas do mundo moderno (HOOGHIEMSTRA, 2010).

Após um investimento de 40 milhões de euros, foi finalizado oficialmente o Plano Delta holandês em 24 de agosto de 2010, com a inauguração da barragem de Harlingen, embora novas eclusas, dunas e diques estejam previstos para construção com o intuito de antecipar as ameaças da mudança climática e o aumento do nível do mar (HOOGHIEMSTRA, 2010). Na Figura 11 é demonstrada a construção de diques na Holanda.



**Figura 11 – Construção de diques na Holanda**  
Fonte: Eerten (2011)

A primeira grande façanha foi a conclusão da barreira anti-temporais no lago holandês IJssel em 1958. Sua função é proteger contra inundações o oeste do país, densamente populoso. Outra obra importante foi a represa de Oosterschelde, que ficou pronta em 1986. Com seus oito quilômetros de longitude, é o maior trabalho do Plano Delta, e uma das maiores construções do mundo. A importância do Plano Delta é indiscutível. Com as represas e diques foi possível proteger 700 quilômetros da costa. Ao mesmo tempo, melhorou-se consideravelmente a administração da água

doce para a agricultura, já que a divisão entre a água de rios e a do mar se deslocou para o oeste. A construção de diques permitiu o desenvolvimento de mais estradas, melhorando a ligação regional. Até 1950, grandes áreas da província de Zeeland, ao sul do país, estavam isoladas (HOOGHIEMSTRA, 2010).

Em relação à utilização de diques para o controle de catástrofes, vale citar o caso de Nova Orleans, nos Estados Unidos, a qual foi devastada pela passagem do furacão Katrina em 2005. Baseados na experiência holandesa foram construídos diques em torno da cidade, os quais se mostraram eficientes na passagem de outro furacão, o Isaac, em 2012 (TEK, 2010; DIQUES, 2012).

A Holanda é um país bem sucedido no que diz respeito à proteção contra enchentes, possuindo especialistas em áreas que abrangem o projeto e a construção de diques, os sistemas de previsão e as tomadas de decisões. Possui ainda uma colaboração pública e privada denominada *Flood Control 2015*, com o objetivo de integrar informações referentes aos sistemas de previsão de enchentes, permitindo às autoridades uma reação mais rápida e eficiente para combater catástrofes, além de facilitar o manejo das águas no dia-a-dia (MACCABIANI, 2010).

Ainda em relação à Holanda, Lobbrecht et al. (2011) ressalta a existência do portal HydroNET, no qual é disponibilizada uma variedade de informações de precipitação com resolução espacial de 1x1 km, além de séries temporais com intervalos de 5 minutos. Essas informações de fácil acesso online e em tempo real são úteis para os gestores da água, uma vez que é frequente a ocorrência de excesso de chuvas em áreas urbanizadas. O autor em questão aponta outras vantagens em ser possuir uma ferramenta com essa característica, tais como:

- Necessidade de dados históricos de precipitação com qualidade para calibração de modelos de drenagem urbana;
- Necessidade de dados precisos dos danos causados pelas águas para atender reivindicações de civis e empresas;
- Cooperação entre autoridades responsáveis pelas águas;
- Utilização dos dados de precipitação para a prevenção de inundações;
- Disponibilidade de previsões em um curto prazo de tempo (de até 3 horas);
- Visualização de informação dedicada ao uso hidrológico.

A Holanda é um país dominado pelo mar cujo território compreende o delta de quatro grandes rios europeus, com grande densidade populacional e expansão

econômica. O país deverá sofrer com grandes problemas na drenagem urbana, aliadas ao fato de uma possível elevação do nível do mar em virtude das mudanças climáticas mundiais. A política holandesa para a drenagem urbana contém ainda ações para o manejo das águas pluviais, tais como os controles quantitativos e qualitativos do escoamento, com medidas de retenção e infiltração das águas. Um dos itens mais típicos do moderno sistema de drenagem urbana holandesa são as valas de infiltração com dispositivos de regulação instalada nos poços de inspeção, com o intuito de combinar a drenagem do solo com a água da chuva. Em períodos chuvosos do inverno ocorre o armazenamento da água, evitando-se assim um rápido escoamento; já a infiltração ocorre durante os períodos secos de verão (BEENEN; BOOGAARD, 2007).

Beenen e Boogaard (2007) apresentaram um estudo de sistemas sustentáveis de drenagem urbana ao longo do período de dez anos para as cidades holandesas de Eindhoven, Zwolle e Enschede, podendo-se afirmar que não houve perda da capacidade de infiltração nem cargas significativas de poluentes ao longo desse período. Em Eindhoven foram analisados sumidouros embrulhados em material geotêxtil, medindo-se os níveis de água no sistema de infiltração e no solo ao seu redor, além das precipitações, para relacioná-las aos níveis de água. Na cidade de Zwolle foram medidos níveis de água em trincheiras de infiltração (Figura 12) em Geren e Schellerhoek, duas pequenas áreas urbanizadas.



**Figura 12 – Construção de trincheira de infiltração em Schellerhoek, Zwolle**  
Fonte: Beenen e Boogaard (2007)

Em Enschede foi estudado o conjunto habitacional de Ruwenbos, com o sistema de drenagem por valetas de infiltração abertas, que armazenam a água até o nível de 25cm, dimensionado para ser superado a cada dois anos. A partir do nível de 35cm a água é direcionada para as valetas ao lado e, por fim, para a água superficial. Na Figura 13 é demonstrado um esquema de composição dessas valetas (BEENEN; BOOGAARD, 2007).



**Figura 13 – Valetas de infiltração em Enschede, Holanda**  
**Fonte: Adaptado de Beenen e Boogaard (2007)**

Para Nakazone (2005), a ênfase das questões de drenagem urbana nos países desenvolvidos está nos aspectos relativos à qualidade da água coletada, uma vez que as ações para o controle de inundações se encontram num estágio avançado de desenvolvimento. Tucci (2002) afirma que “nos países desenvolvidos grande parte dos problemas foram resolvidos quanto ao abastecimento de água e tratamento de esgoto e o controle quantitativo da drenagem urbana”. No Quadro 3 são apresentadas as diferenças presentes nos aspectos da água no meio urbano entre países desenvolvidos e o Brasil.

INFRAESTRUTURA URBANA	PAÍSES DESENVOLVIDOS	BRASIL
Abastecimento de água	- Resolvido - Cobertura total	- Grande parte atendida - Tendência de redução da disponibilidade devido à contaminação - Grande quantidade de perdas na rede
Saneamento	- Cobertura quase total	- Falta de rede e estações de tratamento; as que existem não conseguem coletar esgoto como projetado
Drenagem urbana	- Controlados os aspectos quantitativos - Investimentos para controle dos aspectos qualitativos da água	- Grandes inundações - Controle que agrava as inundações através de canalização - Aspectos qualitativos da água nem mesmo foram identificados
Inundações ribeirinhas	- Medidas de controle não estruturais como seguro e zoneamento de inundação	- Grandes prejuízos por falta de política de controle

**Quadro 3 – Comparação dos aspectos da água no meio urbano**  
**Fonte: Adaptado de Tucci (2002)**

Logo, pode-se afirmar que a tendência para o desenvolvimento de soluções para a drenagem urbana está na utilização de medidas mais sustentáveis, uma vez que apenas afastar o volume excedente para jusante não é mais uma solução satisfatória.

#### 3.2.4 Reservatórios de Contenção de Cheias

Tassi (2002) afirma que o uso de reservatórios de contenção “é uma das alternativas consideradas para o controle de cheias urbanas”, sendo a sua finalidade principal a de reduzir o pico das enchentes “através do amortecimento conveniente das ondas de cheia, pelo armazenamento temporário dos volumes escoados”.

De acordo com Genz (1994 *apud* AGRA, 2001)<sup>11</sup>, os reservatórios de contenção de cheias são estruturas para controle na fonte, atuando no local onde é gerado o escoamento. Como funções desses reservatórios Junior e Barbassa (2006)

<sup>11</sup> GENZ, Fernando. **Parâmetros para a previsão e controle de cheias urbanas**. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

apontam: “controle distribuído do escoamento das águas pluviais na bacia hidrográfica, minimização dos efeitos da impermeabilização do solo, recuperação da capacidade de amortecimento da bacia, entre outras”.

Como exemplos relacionados à utilização de reservatórios de contenção de cheias nas edificações podem ser citadas algumas pesquisas:

- Tassi (2002), ao simular para a cidade de Porto Alegre-RS a redução de vazões em lotes padrões de 300 m<sup>2</sup> e 600 m<sup>2</sup>, ambos com 49% de áreas impermeáveis, obteve, para precipitações com tempo de retorno de 5 anos, reduções de 50% nas vazões de pico de saída em relação às vazões de pico sem controle com o uso de reservatórios de contenção.
- Francischet e Filho (2011) simularem a utilização de dois tipos de reservatórios de contenção de cheias para a cidade de Uberlândia-MG, com volumes de 3,25 m<sup>3</sup> e 5,015 m<sup>3</sup>. Para tal, foi utilizado um lote padrão de 300 m<sup>2</sup>, sendo que este apresentava 80% de suas áreas impermeáveis. Para o menor reservatório foram obtidas reduções de vazão da ordem de 37,4%, 24,0% e 21,7% para tempos de retorno de 2 anos, 5 anos e 10 anos, respectivamente. Já para o maior reservatório, obtiveram-se resultados mais significativos, da ordem de 64,7%, 65,1% e 64,0% para os mesmos tempos de retorno citados.
- Alves e Costa (2007) estimaram a necessidade de volumes para reservatórios de contenção de cheias na cidade de Goiânia-GO. Considerando chuvas intensas com duração de 5 minutos e valores de intensidade da ordem de 145,3 mm/h e 175,2 mm/h para tempos de retorno de 2 anos e 5 anos foram calculados volumes de 4,88 e 5,88 m<sup>3</sup>, respectivamente.
- Junior e Barbassa (2006), embora não tenham calculado a redução das vazões de pico com o uso de reservatórios de contenção de cheias, analisaram a viabilidade de implantação desses mecanismos em 164 lotes da cidade de Jaboticabal-SP, tendo em vista a disponibilidade de áreas presentes, a disposição dos moradores e os custos para tal. Em 82,8% dos lotes seria possível a aplicação dessa medida de contenção de cheias.
- Figueiredo e Nunes (2010), a partir da determinação de um condomínio hipotético na cidade de Curitiba-PR e estimativas de que a vazão de pico



após a implantação do condomínio seria aproximadamente nove vezes superior à vazão anterior à sua implantação, dimensionaram o volume ideal para um reservatório de contenção de cheias reduzir a vazão de pico gerada pelo condomínio em situação de pós-urbanização para um valor próximo da vazão máxima de pré-desenvolvimento. No caso, o proposto pelo Decreto 176/2007 da Prefeitura Municipal resultaria em um reservatório 32% maior do que o estimado pelos autores. Criticou-se também o fato da referida legislação não relacionar o volume calculado com a área em planta e a lâmina de água, fator que tem grande importância para a mensuração da redução da vazão de pico.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Embora existam as “Normas para projetos de drenagem” da Prefeitura Municipal de Curitiba, os parâmetros adotados para dimensionamento da drenagem da área de estudo foram baseados no proposto pela literatura consultada. A análise crítica da referida norma foi abordada no tópico dos Resultados, bem como a justificativa para não adotar o que nela é previsto.

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

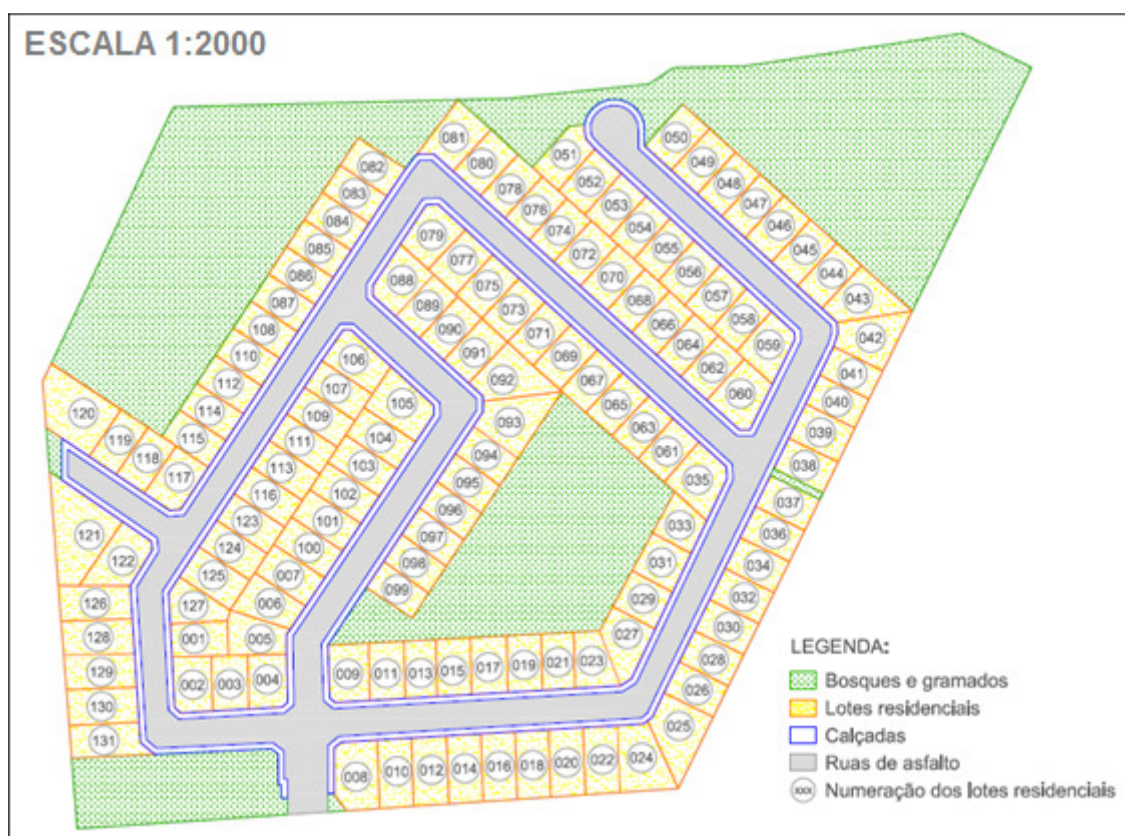
#### 4.1.1 Delimitação da Área de Estudo

Para análise do uso de reservatórios de contenção de cheias em edificações e o seu impacto no sistema de drenagem urbana foi adotado um condomínio horizontal a ser implantado na cidade de Curitiba-PR, localizado em uma área predominantemente residencial do bairro Abranches e próximo à Rodovia PR-092, conhecida como Rodovia dos Minérios, estrada que liga Curitiba à Almirante Tamandaré (Figura 14).



**Figura 14 – Imagem de satélite da área de estudo**  
Fonte: Adaptado de Google Maps (2012)

O condomínio será composto por 131 lotes residenciais, ruas, calçadas, bosques e gramados, em área total de aproximadamente 0,041 km<sup>2</sup>, conforme demonstrado na Figura 15. Vale ressaltar que a dimensão dessa área, inferior a 2 km<sup>2</sup>, permite o uso do método racional, conforme descrito por Tucci (2009).



**Figura 15 – Mapa da divisão geral da área de estudo**  
**Fonte: Adaptado de CGL Condomínios Fechados (2012)**

Na área de estudo estão presentes 13 (treze) tipos de construção, com diferentes áreas impermeáveis, conforme demonstrado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Características das edificações presentes na área de estudo**

Tipo de Casa	Área Impermeável Térreo (m <sup>2</sup> )	Garagem Descoberta (m <sup>2</sup> )	Área Calçadas no Lote (m <sup>2</sup> )	Área Impermeável do Lote (m <sup>2</sup> )
1	68,5	5,0	19,3	92,8
2	68,5	5,0	19,3	92,8
3	67,2	5,0	23,4	95,6
4	73,3	5,0	18,2	96,5

Tipo de Casa	Área Impermeável Térreo (m <sup>2</sup> )	Garagem Descoberta (m <sup>2</sup> )	Área Calçadas no Lote (m <sup>2</sup> )	Área Impermeável do Lote (m <sup>2</sup> )
5	63,7	5,0	11,9	80,6
6a	64,0	5,0	16,2	85,2
6b	64,0	5,0	16,2	85,2
7a	64,0	5,0	16,2	85,2
7b	64,0	5,0	16,2	85,2
8	68,7	5,0	14,4	88,1
9	59,0	5,0	14,9	78,9
10	70,0	5,0	11,7	86,7
11	62,6	5,0	16,5	84,1

Fonte: Adaptado de CGL Condomínios Fechados (2012)

Os tipos de construção apresentados na Tabela 3 estão distribuídos pelos 131 lotes citados conforme demonstrado na Figura 16.

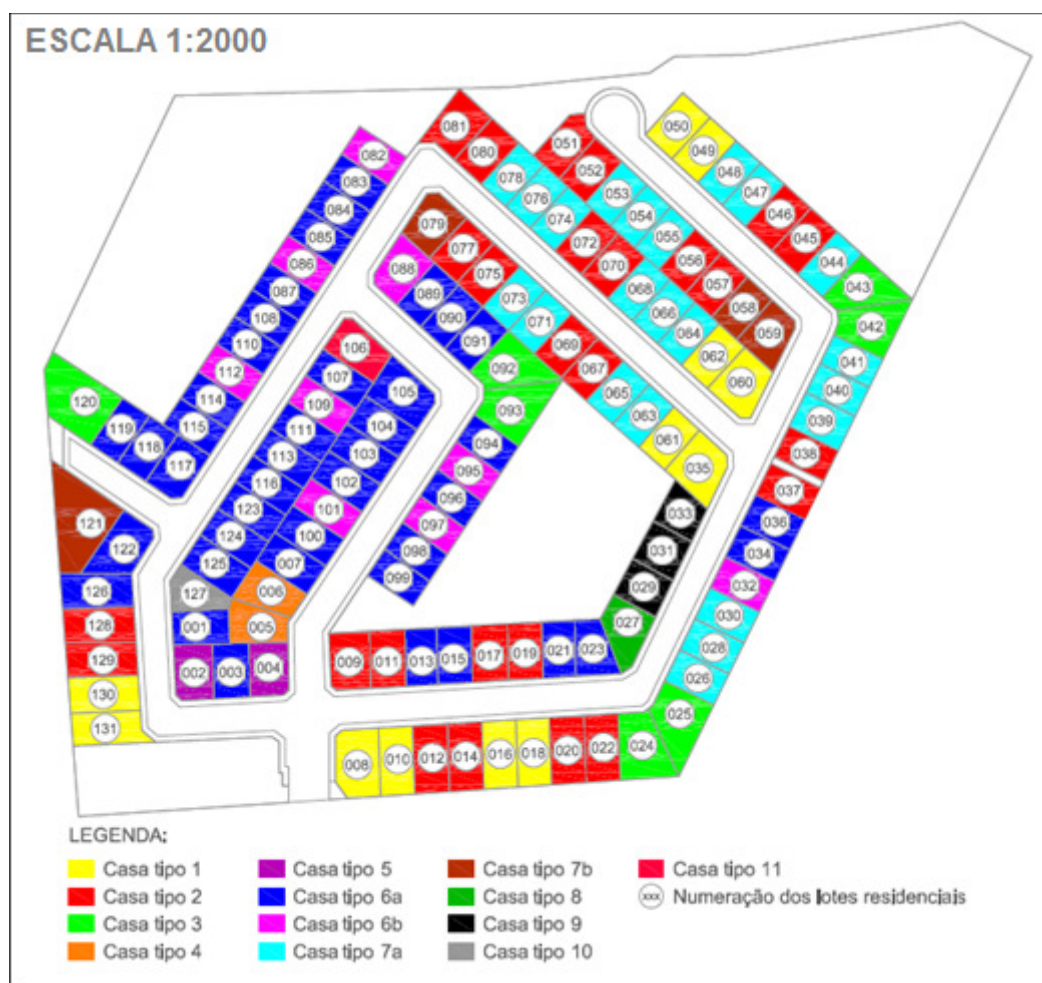
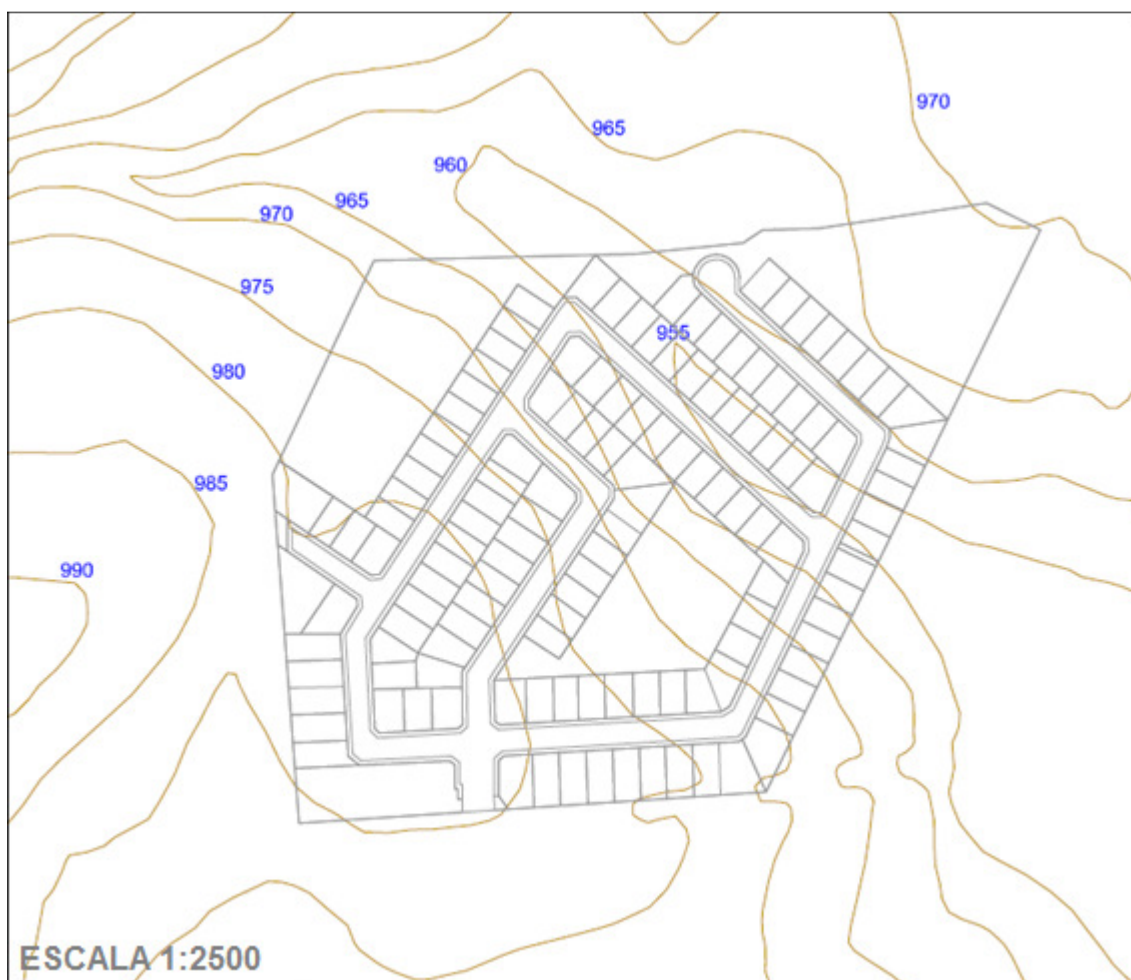


Figura 16 – Distribuição dos tipos de construção na área de estudo  
Fonte: Adaptado de CGL Condomínios Fechados (2012)

#### 4.1.2 Características Topográficas

A determinação do exutório para a drenagem da área de estudo foi baseada na caracterização topográfica presente, conforme demonstrado nas curvas de nível da Figura 17.



**Figura 17 – Curvas de nível da área de estudo**  
Fonte: Adaptado de Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (2012)

A análise das distâncias entre as curvas de nível permitiu determinar as características das declividades presentes na área de estudo.

#### 4.1.3 Uso e Ocupação do Solo

A área de estudo apresenta a divisão de sua área total entre os lotes residenciais, ruas, calçadas, bosques e gramados conforme demonstrado na Tabela 4, que contempla a impermeabilização em cada tipo de área.

**Tabela 4 – Divisão da área de estudo e áreas impermeabilizadas**

<b>Áreas do Condomínio</b>	<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área Impermeável (m<sup>2</sup>)</b>
Lotes Residenciais	20203,1	11516,3
Calçadas	2527,9	2527,9
Ruas de asfalto	5739,8	5739,8
Bosques / Gramados	12566,3	0,0
<b>Total do Condomínio</b>	<b>41037,1</b>	<b>19784,1</b>

**Fonte: Adaptado de CGL Condomínios Fechados (2012)**

O dimensionamento da drenagem foi baseado nas áreas apresentadas. Portando, para um eficiente funcionamento da drenagem, o presente estudo prevê a futura manutenção das características atuais de ocupação da área de estudo.

#### 4.1.4 Transformação de Chuva em Vazão

Para determinação das vazões de contribuição a partir das precipitações foi adotado o método racional, que, segundo Tucci (2009), é baseado na Equação 1.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (1)$$

em que: Q é a vazão de cheia em m<sup>3</sup>/s; C é o coeficiente de escoamento superficial; i é a intensidade da chuva em mm/h; A é área da bacia hidrográfica em km<sup>2</sup>; 0,278 é o fator de transformação de unidades.

#### 4.1.5 Coeficientes de Escoamento Superficial

Para cada tipo de superfície presente na área em estudo foi adotado um coeficiente de escoamento superficial particular, com o intuito de obter vazões de contribuição mais precisas para o dimensionamento do sistema de drenagem, conforme descrito na Tabela 5.

**Tabela 5 – Coeficientes de escoamento superficial para a área de estudo**

<b>Tipo de superfície</b>	<b>Coeficiente de escoamento superficial (C)</b>
Lotes Residenciais	Porcentagem de área impermeabilizada
Calçadas	0,85
Ruas de asfalto	0,95
Bosques / Gramados	0,30

**Fonte: Adaptado de Tucci (2009)**

A justificativa para adotar a porcentagem de área impermeabilizada para o coeficiente de escoamento dos lotes residenciais é citada por Garotti e Barbassa (2010), que, ao estudarem o uso e a ocupação do solo da cidade de Ribeirão Preto-SP, obtiveram resultados satisfatórios adotando tal critério. No caso, o coeficiente de escoamento superficial correspondente à porcentagem de área impermeável se mostrou maior que a estimativa de coeficiente de escoamento superficial determinado pelas características detalhadas da superfície. Portanto, os referidos autores recomendam a utilização desse critério devido à facilidade em sua utilização e determinação de seus valores, bem como o consideram próprio para as cidades.

Para áreas de calçadas e ruas de asfalto adotam-se os valores máximos dos intervalos indicados para o coeficiente C, conforme apontado por Tucci (2009). No caso das áreas de gramas e bosques, adota-se o valor esperado de C, também de acordo com Tucci (2009), para solos pesados e com altas declividades, as quais estão presentes de forma acentuada na área de estudo.

#### 4.1.6 Vazões de Contribuição dos Lotes Residenciais

Ao adotar coeficientes de escoamento superficial para os lotes residenciais conforme indicado na Tabela 5, a multiplicação, na equação do método racional (Equação 1), da área total ( $A_t$ ) pelo coeficiente adotado (Equação 2), proporciona um resultado em função da área impermeável ( $A_i$ ), conforme Equação 3.

$$C = \frac{A_i}{A_t} \quad (2)$$

$$Q = 0,278 \cdot i \cdot A_i \quad (3)$$

#### 4.1.7 Caracterização Hidrológica

##### 4.1.7.1 Equação de chuvas intensas para a cidade de Curitiba-PR

Segundo Tucci (2009), as curvas IDF, as quais relacionam intensidade, duração e frequência de um evento de precipitação na forma de chuva, podem ser expressas pela Equação 4.

$$i = \frac{a \cdot TR^b}{(t+c)^d} \quad (4)$$

em que:  $i$  é a intensidade da chuva (mm/h);  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  são parâmetros característicos da IDF de cada local;  $TR$  é o tempo de retorno em anos;  $t$  é a duração da precipitação em minutos.

Foi adotada para este estudo a Equação 5, proposta por Fendrich (2003) e proveniente da estação Curitiba-Prado Velho (PUCPR). Com dados obtidos entre os



anos de 1981 a 1999, período de tempo mais recente, são demonstradas as chuvas intensas de forma mais atualizada na cidade de Curitiba-PR.

$$i = \frac{5726,64 \cdot TR^{0,159}}{(t + 41)^{1,041}} \quad (5)$$

Além disso, Franco (2004), ao comparar diversas equações para chuvas intensas num tempo de retorno de 10 anos, aponta que esta equação pode ser utilizada tanto para durações com menos de duas horas quanto para durações de até 24 horas, o que atende ao solicitado para dimensionamento da drenagem urbana.

#### 4.1.7.2 Determinação do tempo de retorno

Na Tabela 6 são indicados os diferentes tempos de retorno para projetos de pequenas obras hidráulicas.

**Tabela 6 – Tempos de retorno para projeto de pequenas obras hidráulicas**

<b>Tipo de Obra</b>	<b>Tempo de Retorno (anos)</b>
Drenagem que atravessa rodovias de acordo com a intensidade de tráfego	10 a 50
Pista de aeroporto	5
Drenagem pluvial	2 a 10
Pequenos diques	2 a 50
Drenagem agrícola	5 a 50

**Fonte: Tucci (2009)**

Tucci, Porto e Barros (1995 *apud* FRANCISCHET e FILHO, 2011)<sup>12</sup> indicam tempo de retorno no valor de 2 anos para drenagem pluvial de áreas residenciais, característica da área de estudo. Porém, a área está próxima à Rodovia dos

<sup>12</sup> TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH – Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

Minérios, considerada uma artéria de tráfego. Para esse caso, conforme indicam os referidos autores, adota-se o tempo de retorno no valor de 5 anos, importância essa dentro do intervalo apresentado na Tabela 6.

Logo, não é necessário corrigir os coeficientes de escoamento adotados, pois o fator de correção é igual a 1,00 para tal tempo de retorno, conforme consta na Tabela 7.

**Tabela 7 – Fator de correção do coeficiente de escoamento C**

<b>Tempo de retorno (anos)</b>	<b>Cf</b>
2 a 10	1,00
25	1,10
50	1,20
100	1,25

**Fonte: Tucci (2009)**

#### 4.1.7.3 Determinação da duração da precipitação

Ao se analisar o cálculo proposto por Botelho (1998), tem-se que o tempo de concentração ( $t_c$ ) de uma bacia é igual ao somatório do tempo de escoamento superficial ( $t_s$ ) acrescido de 10 minutos, conforme demonstrado na Equação 6.

$$t_c = t_s + 10 \text{ min} \quad (6)$$

O tempo de escoamento superficial ( $t_s$ ) é dado, em minutos, pela Equação 7.

$$t_s = \frac{16 \cdot L}{(1,05 - 0,2 \cdot p) \cdot (100 \cdot S)^{0,04}} \quad (7)$$

em que: L é a distância entre o ponto mais distante da área contribuinte ao ponto considerado (km); p é a porcentagem da área permeável da bacia (valor absoluto); S é a declividade média do terreno ao longo do trecho L considerado (m/m).

Pode-se então concluir que o tempo de escoamento superficial será mínimo, uma vez que a distância L a ser utilizada para os lotes residenciais dentro da área de estudo é muito pequena, da ordem de poucos metros. Ao se desprezar esse valor, tem-se um tempo de concentração de 10 minutos, valor a ser adotado também para a duração da precipitação, conforme prevê Botelho (1998).

#### 4.1.7.4 Determinação da intensidade da precipitação

A intensidade da precipitação foi adotada a partir da curva IDF da cidade de Curitiba-PR, para tempo de retorno de 5 anos e duração de 10 minutos.

## 4.2 PROJETO DE RESERVATÓRIOS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS

Para o projeto do reservatório de contenção de cheias dos lotes residenciais presentes na cidade de Curitiba-PR foram adotados os seguintes itens, conforme proposto no Decreto 176/2007 (ANEXO A):

- Cálculo do volume necessário a partir dos parâmetros propostos;
- Determinação do diâmetro do orifício regulador de vazão em função do volume calculado.

A partir disso foi adotada uma primeira estimativa para as suas dimensões laterais. O cálculo das vazões foi baseado no Método de Pulz, o qual, de acordo com Tucci (2009), é um dos mais conhecidos para simulação de propagação em reservatórios, consistindo em uma expressão discretizada da equação de continuidade e na relação entre armazenamento e vazão do reservatório.

A equação da continuidade é dada pela Equação 8.

$$\frac{dS}{dt} = I - Q \quad (8)$$

em que:  $S$  é o armazenamento no trecho ( $m^3$ );  $I$  é a vazão de entrada no trecho ( $m^3/h$ ) e  $Q$  é a vazão de saída ( $m^3/h$ ).

Sua discretização gera a Equação 9.

$$\frac{S_{t+\Delta t} - S_t}{\Delta t} = \frac{(I_t + I_{t+\Delta t})}{2} - \frac{(Q_t + Q_{t+\Delta t})}{2} \quad (9)$$

em que:  $I_t$  e  $I_{t+\Delta t}$  são as vazões de entrada no reservatório ( $m^3/h$ ) no instante  $t$  e  $t+\Delta t$ ;  $Q_t$  e  $Q_{t+\Delta t}$  são as vazões de saída do reservatório ( $m^3/h$ ) em  $t$  e  $t+\Delta t$ ;  $S_t$  e  $S_{t+\Delta t}$  são os armazenamentos ( $m^3$ ) em  $t$  e  $t+\Delta t$  e  $\Delta t$  é o intervalo de tempo (h).

O procedimento de cálculo foi dado pelos seguintes passos:

- Foram consideradas as variações de volumes internos de água e as respectivas alturas ou lâminas d'água no reservatório a cada décimo de minuto, intervalo de tempo adotado para o estudo;
- Tendo em vista as pequenas dimensões dos lotes em estudo, a vazão de entrada no reservatório foi considerada constante ao longo do tempo de duração adotado, no caso, 10 minutos;
- A partir dos 10 minutos iniciais, o reservatório não recebeu mais a vazão de contribuição calculada;
- A vazão de entrada referente ao intervalo de tempo adotado foi transformada em volume, o qual atingiu determinada lâmina de água;
- A vazão de saída do intervalo de tempo adotado foi calculada a partir da Equação 10 e dos parâmetros a seguir, propostos por Canholi (2005).

$$Q = C_d \cdot A_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (10)$$

em que:  $Q$  é a vazão de saída em  $m^3/s$ ;  $C_d$  é o coeficiente de descarga do orifício (adotado 0,6, valor adimensional para orifícios com cantos vivos);  $A_0$  é a área transversal do orifício em  $m^2$ ;  $g$  é a aceleração da gravidade ( $9,81 m/s^2$ );  $h$  é a altura da lâmina de água acima do eixo central do orifício (a altura do orifício será desconsiderada em virtude de sua pequena dimensão, na ordem de poucos milímetros);

- A vazão de saída referente ao intervalo de tempo adotado foi transformada em volume;
- O volume remanescente no reservatório foi dado pela diferença de volumes entre entrada e saída no intervalo de tempo adotado;
- No próximo intervalo de tempo, soma-se o volume remanescente à próxima contribuição de entrada, obtendo uma nova lâmina de água;
- Esse ciclo foi repetido até o reservatório ser esvaziado;
- A vazão adotada para dimensionamento foi a máxima obtida, quando a lâmina d'água estava no nível máximo alcançado.

Para determinação das dimensões finais do reservatório foram analisadas as reduções de vazão propiciadas em função de sua área interna. Foram adotadas medidas coerentes para execução em obra e que apresentem um resultado satisfatório na redução de vazão.

O reservatório foi projetado conforme descrito no ANEXO B:

- A vazão de entrada faz com que se acumule um volume de água na câmara principal;
- A vazão de saída se dá pelo orifício regulador de vazão, seguindo para a câmara secundária e posteriormente para as galerias de águas pluviais;
- Caso a câmara principal venha a atingir a altura do septo divisório (nível máximo possível) ocorrerá o seu transbordamento e a água será lançada para a câmara secundária por cima do septo.

#### 4.3 SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

Para o projeto de drenagem da área em estudo foram utilizados elementos básicos de um sistema de microdrenagem urbana, os quais são citados e definidos por Tucci (2009) como: galerias, poços de visita, trechos, tubos de ligação, meios-fios e sarjetas.

#### 4.3.1 Premissas para Dimensionamento da Rede de Drenagem

Para dimensionamento da rede de drenagem sem uso de reservatórios de contenção de cheias nas edificações adota-se a premissa de que o escoamento proveniente da contribuição dos lotes residenciais ocorrerá superficialmente e será direcionado para as sarjetas, sendo então captado pelas bocas de lobo e encaminhado posteriormente para as galerias.

Para o caso do uso de reservatórios de contenção de cheias, que se encontram enterrados, o escoamento proveniente da contribuição dos lotes residenciais é feito pelas saídas dos reservatórios, caracterizadas por tubulações ligadas diretamente às galerias pluviais.

A vazão gerada pela contribuição das ruas, calçadas e bosques presentes na área de estudo sempre ocorre de forma superficial, sendo direcionada para sarjetas, bocas de lobo e galerias, independentemente do uso de reservatórios de contenção de cheias nas edificações. Portanto, seus valores são iguais nos dois casos apresentados.

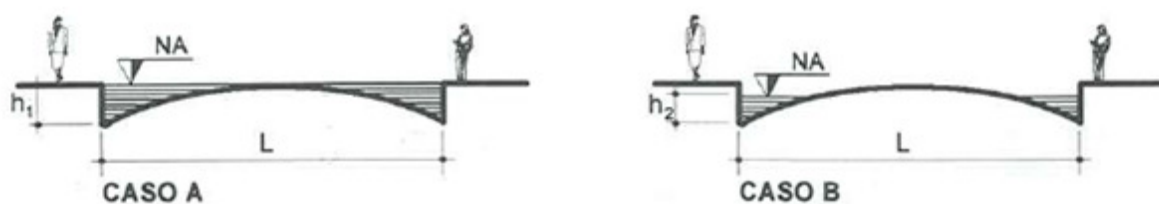
Para ambos os casos foi considerado o máximo aproveitamento do escoamento superficial. Logo, a água escoar pelas sarjetas e só é captada por bocas de lobo quando a capacidade de engolimento das mesmas for atingida ou quando, por questões geométricas de projeto, for necessário inserir bocas de lobo em determinado local, sempre se respeitando as velocidades máximas permitidas. Dessa forma, otimiza-se o uso das bocas de lobo.

#### 4.3.2 Dimensionamento Hidráulico dos Elementos

Para o dimensionamento hidráulico das sarjetas, bocas de lobo e galerias adotam-se certas hipóteses e parâmetros para os cálculos, a serem demonstrados a seguir.

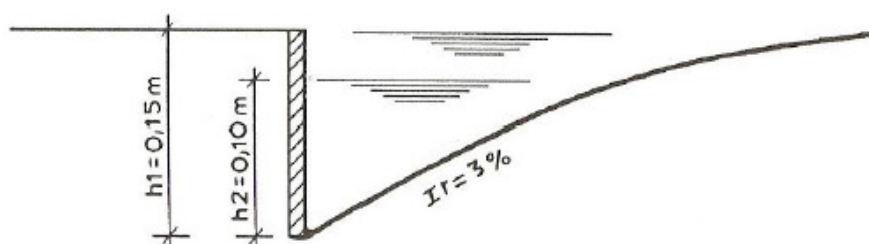
### 4.3.2.1 Sarjetas

As sarjetas podem ser projetadas com base em duas hipóteses de escoamento, cada uma com uma altura de lâmina d'água diferente, conforme demonstrado na Figura 18.



**Figura 18 – Hipóteses para o dimensionamento de sarjetas**  
**Fonte: Adaptado de Botelho (1998)**

Conforme a Figura 19, no Caso A tem-se o escoamento de água por toda a calha da rua, com altura da lâmina de água adotada de 15 cm. Já para o Caso B, considera-se que a água é transportada somente pelas sarjetas, com lâmina de água de 10 cm.



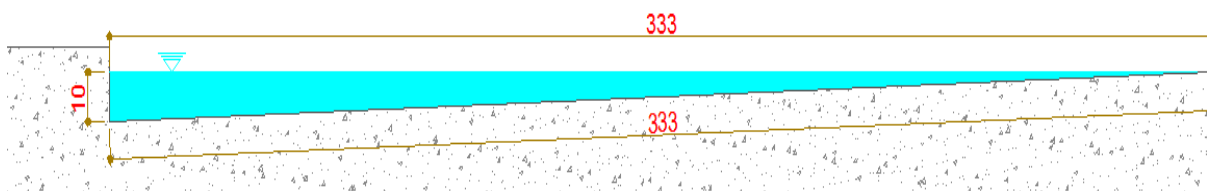
**Figura 19 – Seção da sarjeta para as duas hipóteses de escoamento**  
**Fonte: Tucci (2009)**

De acordo com Tucci (2009), as sarjetas podem ser dimensionadas hidráulicamente por meio da expressão de Strickler-Manning (Equação 11).

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad (11)$$

em que: Q é a vazão (m<sup>3</sup>/s); A é a área molhada (m<sup>2</sup>); R é o raio hidráulico (m); S é a declividade da rua (m/m); n é o coeficiente de rugosidade de Manning (m<sup>-1/3</sup>.s).

Adota-se para o cálculo o Caso B, com coeficiente de rugosidade (n) no valor de 0,013 m<sup>-1/3</sup>.s, mínimo indicado por Canholi (2005) para canais de concreto a céu aberto e com acabamento liso. Para o cálculo do raio hidráulico e da área molhada é necessário analisar a geometria da sarjeta (Figura 20).



**Figura 20 – Seção da sarjeta para o Caso B adotado (medidas em cm)**  
Fonte: Autoria própria

Ao adotar inclinação transversal da sarjeta no valor de 3% (Figura 19), a distância lateral atingida pela água é de 3,33 m, que se aproxima da distância inclinada. Logo, a soma dessa distância com a altura da lâmina de água de 0,10 m, resulta no valor do perímetro molhado de 3,43 m. Para o cálculo da área molhada basta obter a área do triângulo atingido pela água, ou seja, multiplica-se 3,33 m por 0,10 m e divide-se por 2, obtendo-se então 0,167 m<sup>2</sup>. O raio hidráulico é a divisão da área molhada pelo perímetro molhado, que resulta em 0,049 m. Esses valores são fixos para todas as sarjetas do projeto, variando as vazões em função das declividades (S) das ruas presentes.

Vale ressaltar a importância do cálculo das velocidades nas sarjetas, tendo em vista o problema das erosões que podem causar aos pavimentos. Portanto, em ruas com declividades altas, as águas serão captadas por bocas de lobo em virtude dessas velocidades e não pelo esgotamento da capacidade hidráulica da sarjeta. Adota-se como limite de velocidade o valor de 3 m/s na sarjeta (BOTELHO, 1998).



O cálculo da velocidade nas sarjetas é também obtido da expressão de Strickler-Manning, na qual a razão da vazão pela área se transforma na velocidade, obedecendo à equação da continuidade conforme Equações 12 e 13.

$$Q = v \cdot A \quad (12)$$

$$v = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad (13)$$

em que: Q é a vazão (m<sup>3</sup>/s); A é a área (m<sup>2</sup>); v é a velocidade (m/s); R é o raio hidráulico (m); S é a declividade da rua (m/m); n é o coeficiente de rugosidade de Manning (m<sup>-1/3</sup>.s).

#### 4.3.2.2 Bocas de lobo

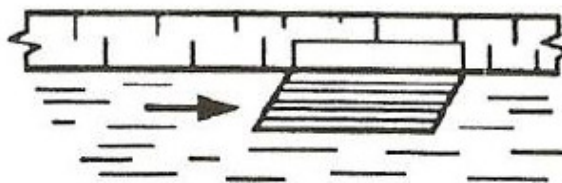
De acordo com Tucci (2009), existem três grupos principais de bocas de lobo: de guias, de sarjetas (grelhas) ou combinadas. Ainda segundo o autor, a capacidade de engolimento de bocas de lobo do primeiro grupo é dada pela Equação 14.

$$Q = 1,7 \cdot L \cdot y^{3/2} \quad (14)$$

em que: Q é a vazão (m<sup>3</sup>/s); L é o comprimento da soleira (m); y é a altura da lâmina de água próximo à abertura na guia (m); 1,7 é o coeficiente de descarga da boca de lobo.

Adotando-se o Caso B, com lâmina d'água no valor de 0,10 m, e largura de 1,0 m, tem-se capacidade de engolimento de 53,76 L/s, valor próximo ao que indica Botelho (1998) para bocas de lobo desse tipo.

Para dimensionamento da drenagem da área em estudo adota-se a boca de lobo combinada com grelha (Figura 21), cuja capacidade de engolimento é aproximadamente de 80 L/s, conforme prevê Botelho (1998).



**Figura 21 – Boca de lobo combinada**  
**Fonte: Tucci (2009)**

Geyer, Benton e Li (1956 *apud* RAMOS, 1999)<sup>13</sup>, ao estudarem a eficiência desses três grupos de bocas de lobo, afirmam que esta deve ser reduzida em 20% para bocas de lobo do tipo combinada, tendo em vista o risco de obstrução das grelhas. Portanto, reduz-se a capacidade de 80 L/s para 64 L/s em virtude de possíveis obstruções que venham a acontecer pela falta de manutenção.

#### 4.3.2.3 Galerias

Segundo Tucci (2009), o dimensionamento das galerias de águas pluviais também obedece à expressão de Strickler-Manning. Admitindo-se seção plena de escoamento, para o cálculo do diâmetro (m) da tubulação têm-se a Equação 15.

$$D = 1,548 \cdot \left( \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (15)$$

Adota-se para determinação do diâmetro da galeria coeficiente de rugosidade (n) no valor de  $0,013 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ , mínimo indicado por Canholi (2005) para tubos de concreto com poços de visita. De acordo com Tucci (2009), o diâmetro mínimo das galerias de seção circular deve ser de 0,30 m. Deve-se ainda adotar para as galerias diâmetros comerciais existentes: 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 1,00; 1,20 e 1,50 m. Botelho (1998) aponta que deve ser prevista declividade (S) mínima de 1% para ligação da boca de lobo à canalização principal, denominada tubo de ligação.

<sup>13</sup> GEYER, J. C.; BENTON, G. S.; LI, W. H. **The Design of Storm-Water Inlets**. Report of the Storm Drainage Research Committee of the Storm Drainage Research Project. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University, 1956.

O cálculo da velocidade de escoamento nas galerias é, assim como nas sarjetas, obtido da Equação da continuidade em conjunto com a expressão de Strickler-Manning. Segundo Botelho (1998), as velocidades mínima e máxima são de 0,7 m/s e 5,0 m/s, respectivamente. O referido autor indica ainda que deve ser previsto recobrimento mínimo de 0,60 m para tubos de concreto simples.

#### 4.4 COMPOSIÇÃO DE CUSTOS E ORÇAMENTO

A composição de custos e o orçamento para ambos os sistemas de drenagem estudados tiveram como base os serviços e valores propostos pela última Tabela de Preços Unitários Compostos divulgada pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), datada de janeiro de 2013.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 ÁREA DE ESTUDO

#### 5.1.1 Características Topográficas

A partir das curvas de nível foram estabelecidos sentidos de escoamento da água superficial, bem como o exutório da área de estudo (Figura 22). Nota-se que estão presentes grandes declividades, pois as curvas de nível estão muito próximas.

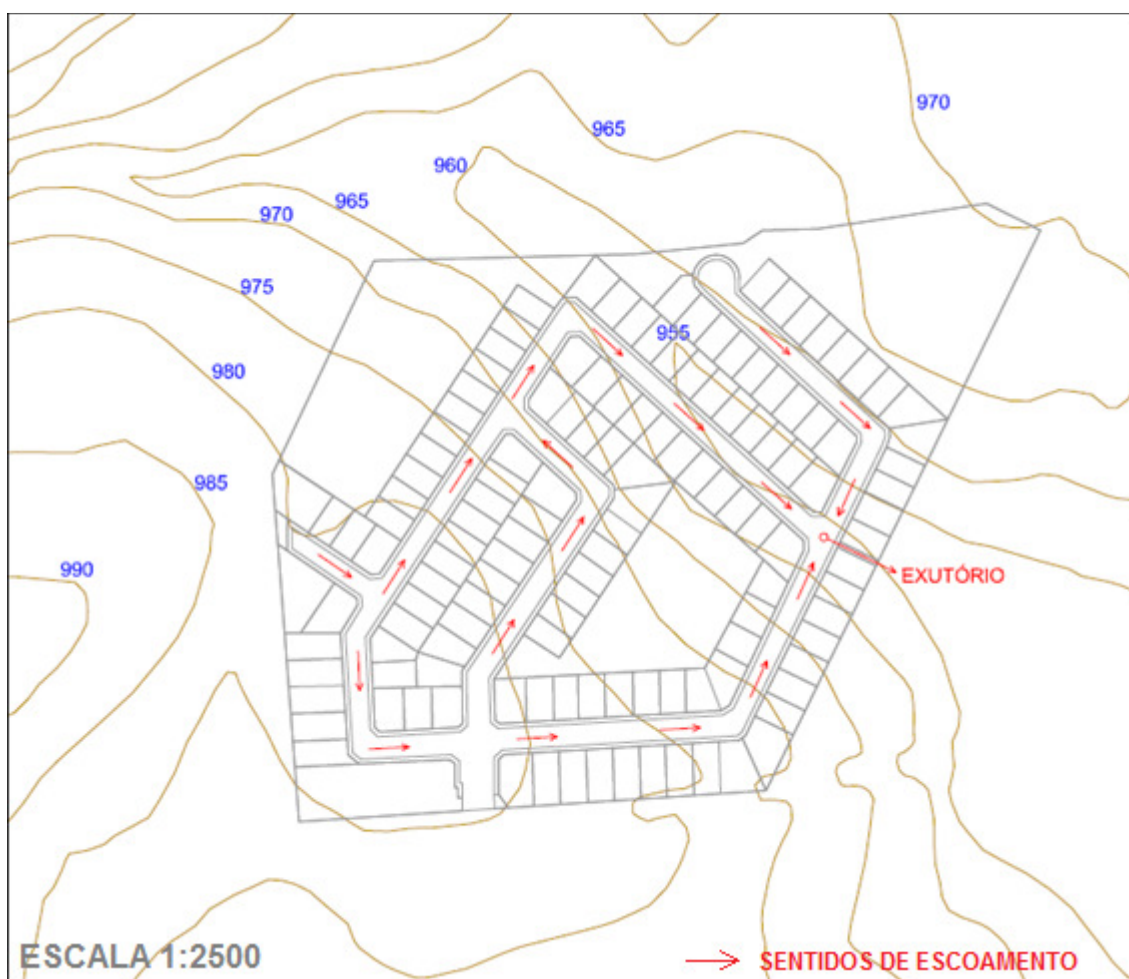


Figura 22 – Sentidos de escoamento para a drenagem da área de estudo  
Fonte: Adaptado de Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (2012)

### 5.1.2 Uso e Ocupação do Solo

A partir dos dados das áreas calculou-se a porcentagem impermeabilizada da área de estudo de 48,2%. Os outros 51,8% correspondem à área permeável.

### 5.1.3 Coeficientes de Escoamento Superficial para os Lotes Residenciais

Os coeficientes de escoamento superficial para os lotes residenciais estão demonstrados na Tabela 8.

**Tabela 8 – Coeficientes de escoamento superficial para os lotes residenciais**

<b>Lotes Residenciais</b>	<b>Tipo de Casa</b>	<b>Área Privativa (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área Impermeável (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem Impermeável</b>	<b>Coeficiente de escoamento superficial (C)</b>
Lote 1	6a	142,1	85,2	59,9%	0,60
Lote 2	5	157,5	80,6	51,1%	0,51
Lote 3	6a	145,2	85,2	58,7%	0,59
Lote 4	5	153,3	80,6	52,6%	0,53
Lote 5	4	156,5	96,5	61,6%	0,62
Lote 6	4	162,0	96,5	59,5%	0,60
Lote 7	6a	154,3	85,2	55,2%	0,55
Lote 8	1	215,1	92,8	43,1%	0,43
Lote 9	2	169,8	92,8	54,6%	0,55
Lote 10	1	172,0	92,8	53,9%	0,54
Lote 11	2	149,4	92,8	62,1%	0,62
Lote 12	2	176,4	92,8	52,6%	0,53
Lote 13	6a	133,8	85,2	63,6%	0,64
Lote 14	2	171,5	92,8	54,1%	0,54
Lote 15	6a	144,6	85,2	58,9%	0,59
Lote 16	1	170,7	92,8	54,4%	0,54
Lote 17	2	151,3	92,8	61,3%	0,61
Lote 18	1	166,3	92,8	55,8%	0,56
Lote 19	2	143,7	92,8	64,6%	0,65
Lote 20	2	172,8	92,8	53,7%	0,54
Lote 21	6a	136,7	85,2	62,3%	0,62
Lote 22	2	169,8	92,8	54,7%	0,55
Lote 23	6a	146,4	85,2	58,2%	0,58

<b>Lotes Residenciais</b>	<b>Tipo de Casa</b>	<b>Área Privativa (m²)</b>	<b>Área Impermeável (m²)</b>	<b>Porcentagem Impermeável</b>	<b>Coefficiente de escoamento superficial (C)</b>
Lote 24	3	221,6	95,6	43,1%	0,43
Lote 25	3	231,2	95,6	41,3%	0,41
Lote 26	7a	140,3	85,2	60,7%	0,61
Lote 27	8	177,5	88,1	49,6%	0,50
Lote 28	7a	140,3	85,2	60,7%	0,61
Lote 29	9	140,4	78,9	56,2%	0,56
Lote 30	7a	140,3	85,2	60,7%	0,61
Lote 31	9	142,8	78,9	55,2%	0,55
Lote 32	6b	140,3	85,2	60,7%	0,61
Lote 33	9	131,5	78,9	59,9%	0,60
Lote 34	6a	140,3	85,2	60,7%	0,61
Lote 35	1	195,2	92,8	47,6%	0,48
Lote 36	6a	140,3	85,2	60,7%	0,61
Lote 37	2	140,3	92,8	66,2%	0,66
Lote 38	2	138,5	92,8	67,0%	0,67
Lote 39	7a	154,1	85,2	55,3%	0,55
Lote 40	7a	130,2	85,2	65,4%	0,65
Lote 41	7a	128,8	85,2	66,1%	0,66
Lote 42	3	197,8	95,6	48,3%	0,48
Lote 43	3	191,2	95,6	50,0%	0,50
Lote 44	7a	143,5	85,2	59,3%	0,59
Lote 45	2	150,3	92,8	61,7%	0,62
Lote 46	2	153,7	92,8	60,4%	0,60
Lote 47	7a	133,6	85,2	63,8%	0,64
Lote 48	7a	139,3	85,2	61,1%	0,61
Lote 49	1	146,8	92,8	63,2%	0,63
Lote 50	1	152,0	92,8	61,0%	0,61
Lote 51	2	151,6	92,8	61,2%	0,61
Lote 52	2	146,8	92,8	63,2%	0,63
Lote 53	7a	136,8	85,2	62,2%	0,62
Lote 54	7a	132,0	85,2	64,5%	0,64
Lote 55	7a	131,3	85,2	64,9%	0,65
Lote 56	2	143,2	92,8	64,8%	0,65
Lote 57	2	141,5	92,8	65,6%	0,66
Lote 58	7b	133,6	85,2	63,7%	0,64
Lote 59	7b	164,4	85,2	51,8%	0,52
Lote 60	1	187,3	92,8	49,6%	0,50
Lote 61	1	137,1	92,8	67,7%	0,68
Lote 62	1	144,4	92,8	64,3%	0,64
Lote 63	7a	135,1	85,2	63,0%	0,63
Lote 64	7a	133,2	85,2	63,9%	0,64
Lote 65	7a	140,0	85,2	60,8%	0,61
Lote 66	7a	138,4	85,2	61,5%	0,62

<b>Lotes Residenciais</b>	<b>Tipo de Casa</b>	<b>Área Privativa (m²)</b>	<b>Área Impermeável (m²)</b>	<b>Porcentagem Impermeável</b>	<b>Coefficiente de escoamento superficial (C)</b>
Lote 67	2	138,4	92,8	67,1%	0,67
Lote 68	7a	136,8	85,2	62,3%	0,62
Lote 69	2	148,2	92,8	62,6%	0,63
Lote 70	2	149,9	92,8	61,9%	0,62
Lote 71	7a	139,6	85,2	61,0%	0,61
Lote 72	2	147,8	92,8	62,8%	0,63
Lote 73	7a	141,8	85,2	60,0%	0,60
Lote 74	7a	136,0	85,2	62,6%	0,63
Lote 75	2	142,7	92,8	65,0%	0,65
Lote 76	7a	135,5	85,2	62,9%	0,63
Lote 77	2	150,4	92,8	61,7%	0,62
Lote 78	7a	136,8	85,2	62,2%	0,62
Lote 79	7b	168,9	85,2	50,4%	0,50
Lote 80	2	152,6	92,8	60,8%	0,61
Lote 81	2	179,6	92,8	51,7%	0,52
Lote 82	6b	137,2	85,2	62,1%	0,62
Lote 83	6a	134,5	85,2	63,3%	0,63
Lote 84	6a	134,5	85,2	63,3%	0,63
Lote 85	6a	134,5	85,2	63,3%	0,63
Lote 86	6b	134,5	85,2	63,3%	0,63
Lote 87	6a	134,5	85,2	63,3%	0,63
Lote 88	6b	169,2	85,2	50,3%	0,50
Lote 89	6a	135,3	85,2	62,9%	0,63
Lote 90	6a	136,3	85,2	62,5%	0,62
Lote 91	6a	144,0	85,2	59,1%	0,59
Lote 92	3	208,7	95,6	45,8%	0,46
Lote 93	3	225,6	95,6	42,4%	0,42
Lote 94	6a	132,0	85,2	64,5%	0,65
Lote 95	6b	134,9	85,2	63,1%	0,63
Lote 96	6a	128,6	85,2	66,2%	0,66
Lote 97	6b	128,8	85,2	66,1%	0,66
Lote 98	6a	131,3	85,2	64,9%	0,65
Lote 99	6a	124,1	85,2	68,6%	0,69
Lote 100	6a	146,5	85,2	58,1%	0,58
Lote 101	6b	148,9	85,2	57,2%	0,57
Lote 102	6a	149,4	85,2	57,0%	0,57
Lote 103	6a	150,0	85,2	56,8%	0,57
Lote 104	6a	151,8	85,2	56,1%	0,56
Lote 105	6a	202,5	85,2	42,1%	0,42
Lote 106	11	168,2	84,1	50,0%	0,50
Lote 107	6a	142,9	85,2	59,6%	0,60
Lote 108	6a	132,7	85,2	64,2%	0,64
Lote 109	6b	142,9	85,2	59,6%	0,60

Lotes Residenciais	Tipo de Casa	Área Privativa (m <sup>2</sup> )	Área Impermeável (m <sup>2</sup> )	Porcentagem Impermeável	Coefficiente de escoamento superficial (C)
Lote 110	6a	135,5	85,2	62,8%	0,63
Lote 111	6a	142,9	85,2	59,6%	0,60
Lote 112	6b	138,4	85,2	61,5%	0,62
Lote 113	6a	142,9	85,2	59,6%	0,60
Lote 114	6a	131,8	85,2	64,6%	0,65
Lote 115	6a	131,8	85,2	64,6%	0,65
Lote 116	6a	142,9	85,2	59,6%	0,60
Lote 117	6a	163,3	85,2	52,1%	0,52
Lote 118	6a	141,3	85,2	60,2%	0,60
Lote 119	6a	136,1	85,2	62,6%	0,63
Lote 120	3	297,9	95,6	32,1%	0,32
Lote 121	7b	339,6	85,2	25,1%	0,25
Lote 122	6a	192,0	85,2	44,4%	0,44
Lote 123	6a	142,9	85,2	59,6%	0,60
Lote 124	6a	142,9	85,2	59,6%	0,60
Lote 125	6a	160,1	85,2	53,2%	0,53
Lote 126	6a	181,2	85,2	47,0%	0,47
Lote 127	10	135,2	86,7	64,1%	0,64
Lote 128	2	180,7	92,8	51,4%	0,51
Lote 129	2	177,9	92,8	52,2%	0,52
Lote 130	1	183,2	92,8	50,6%	0,51
Lote 131	1	174,3	92,8	53,2%	0,53

#### 5.1.4 Caracterização Hidrológica

A partir da equação de chuvas intensas adotada para a cidade de Curitiba-PR foi obtida a curva IDF da cidade, como demonstrado na Tabela 9 e no Gráfico 1.

**Tabela 9 – Intensidades máximas (mm/h) obtidas a partir da equação de chuvas intensas para a cidade de Curitiba-PR**

TR (anos)	Duração t da chuva (min)						
	0	10	20	30	40	50	60
<b>1</b>	120,0	95,6	79,3	67,7	59,0	52,3	46,9
<b>2</b>	133,9	106,7	88,6	75,6	65,9	58,4	52,4
<b>5</b>	154,9	123,4	102,5	87,5	76,3	67,6	60,6
<b>10</b>	173,0	137,8	114,4	97,7	85,2	75,4	67,7
<b>25</b>	200,1	159,4	132,3	113,0	98,5	87,3	78,3



TR (anos)	Duração t da chuva (min)						
50	223,4	178,0	147,7	126,2	110,0	97,4	87,4
100	249,5	198,8	165,0	140,8	122,8	108,8	97,6

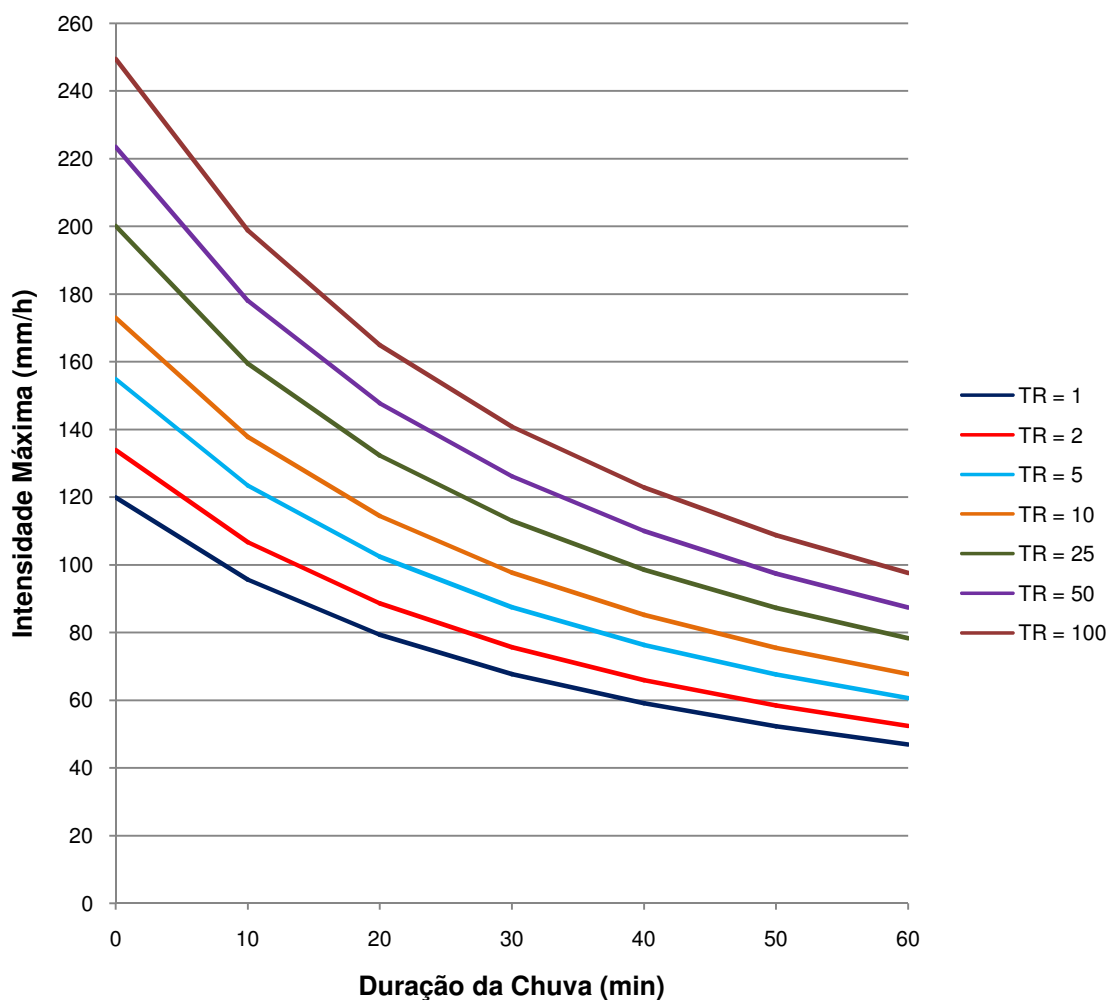


Gráfico 1 – Curva IDF da cidade de Curitiba-PR

Conforme sugerido na Tabela 9, as intensidades (mm/h) são calculadas a partir da combinação dos diferentes tempos de retorno (anos) com as durações (min). Adotou-se para o dimensionamento da drenagem a intensidade no valor de 123,4 mm/h.

### 5.1.5 Vazões de Contribuição dos Lotes Residenciais

Tendo-se em vista o fato de existirem 9 (nove) valores diferentes de áreas impermeáveis, conforme demonstrado na Tabela 3, as vazões de contribuição foram mensuradas conforme consta na Tabela 10.

**Tabela 10 – Relação entre área impermeável e vazões de contribuição dos lotes**

Área impermeável do lote (m <sup>2</sup> )	Vazão de contribuição do lote (m <sup>3</sup> /h)
78,9	9,7
80,6	9,9
84,1	10,4
85,2	10,5
86,7	10,7
88,1	10,9
92,8	11,5
95,6	11,8
96,5	11,9

## 5.2 RESERVATÓRIOS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS EM EDIFICAÇÕES

### 5.2.1 Cálculo das Dimensões

A partir de simulações, notou-se que reservatórios com amplas áreas de base propiciam grandes reduções de vazão pelo fato de gerarem lâminas d'água baixas e com pouca carga hidráulica. Porém, se tornam mais onerosos e requerem maior espaço disponível para sua construção. Padronizaram-se o volume adotado e as dimensões laterais para os reservatórios, conforme demonstrado na Tabela 11.

**Tabela 11 – Dimensões dos reservatórios de contenção de cheias de acordo com a vazão de contribuição dos lotes residenciais**

Vazão de contribuição do lote (m <sup>3</sup> /h)	Volume calculado para o reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume adotado para o reservatório (m <sup>3</sup> )	Orifício regulador de vazão (mm)	Dimensões laterais (m)
9,7	1,26	1,55	25,0	1,5
9,9	1,29	1,55	25,0	1,5
10,4	1,34	1,55	25,0	1,5
10,5	1,36	1,55	25,0	1,5
10,7	1,39	1,55	25,0	1,5
10,9	1,41	1,55	25,0	1,5
11,5	1,48	1,55	25,0	1,5
11,8	1,53	1,55	25,0	1,5
11,9	1,54	1,55	25,0	1,5

### 5.2.2 Cálculo das Vazões de Saída

Os valores das vazões de saída obtidas a partir das vazões de contribuição de cada lote residencial e as respectivas reduções das vazões de pico com o uso de reservatórios constam na Tabela 12, na qual são indicadas ainda as lâminas d'água necessárias para atender o dimensionamento dos reservatórios.

**Tabela 12 – Vazões de saída dos reservatórios de contenção de cheias**

Vazão de contribuição do lote (m <sup>3</sup> /h)	Pico da vazão de saída com o uso de reservatório de contenção (m <sup>3</sup> /h)	Redução de vazão de pico com o uso de reservatório de contenção	Lâmina d'água útil h (m)
9,7	3,4	64,7%	0,55
9,9	3,5	65,0%	0,56
10,4	3,6	65,7%	0,59
10,5	3,6	65,9%	0,60
10,7	3,6	66,1%	0,61
10,9	3,7	66,3%	0,62
11,5	3,8	67,1%	0,66
11,8	3,8	67,5%	0,68
11,9	3,9	67,6%	0,69

Para os lotes com vazão de contribuição igual à  $9,7 \text{ m}^3/\text{h}$ , as vazões de saída dos reservatórios e as respectivas alturas de lâmina d'água ao longo do tempo são demonstradas nos Gráficos 2 e 3.

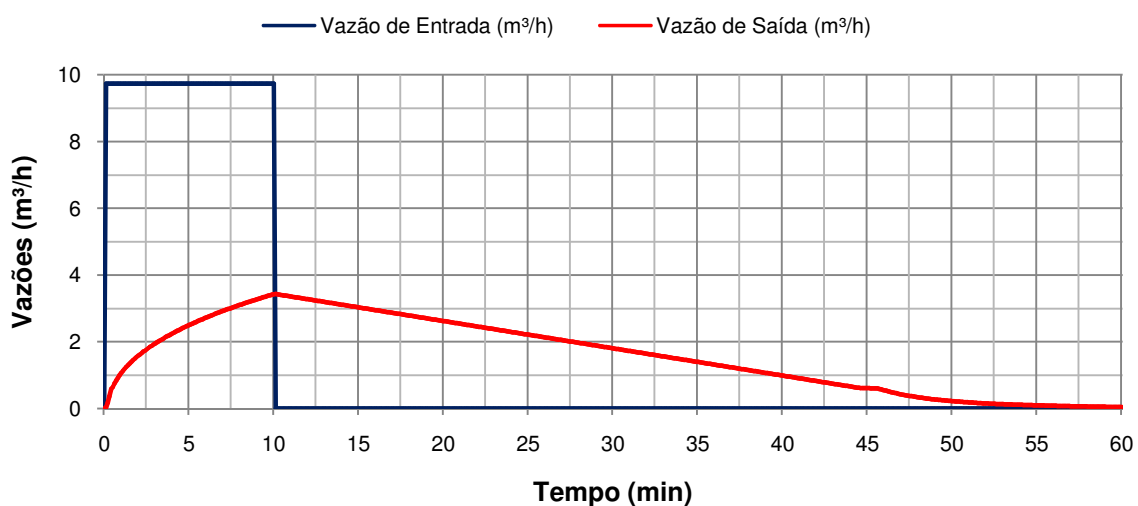


Gráfico 2 – Vazões no reservatório de contenção de cheias

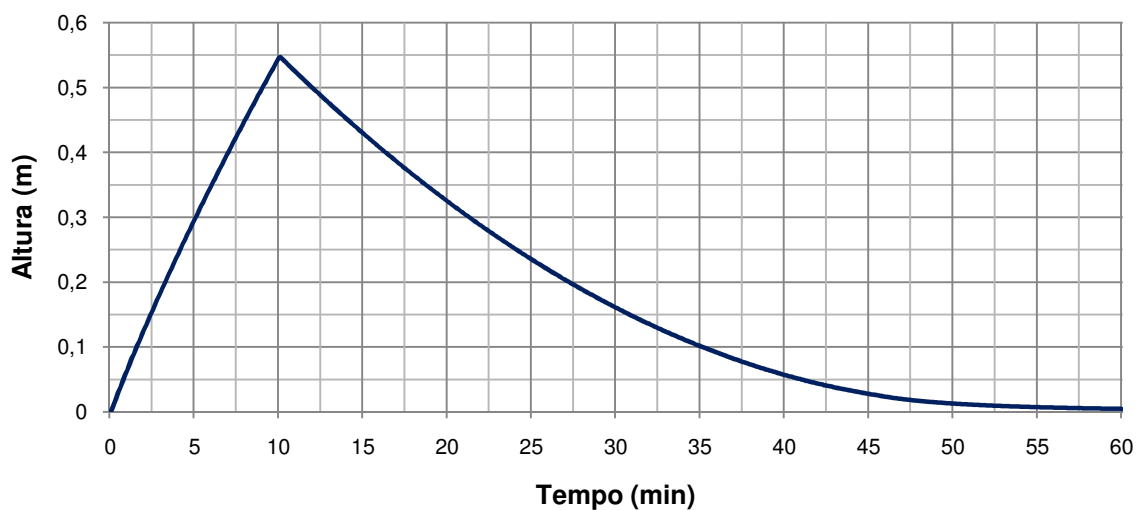


Gráfico 3 – Lâminas d'água no reservatório de contenção de cheias

Os gráficos correspondentes às vazões e lâminas d'água dos demais lotes residenciais apresentaram comportamentos semelhantes aos apresentados para o lote com vazão de contribuição no valor de  $9,7 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### 5.2.3 Projeto

Embora possuam vazões de contribuição e volumes calculados variados, as dimensões dos reservatórios foram padronizadas para facilitar a execução de apenas um modelo em obra. Isso foi possível pelo fato de as diferenças entre volumes calculados serem pequenas.

Adotou-se então um volume de  $1,55 \text{ m}^3$  e uma lâmina d'água no valor de  $0,69 \text{ m}$ , valores que atendem o dimensionamento de todos os reservatórios existentes nos lotes residenciais.

O reservatório foi dimensionado com parâmetros que não permitem o transbordamento de sua câmara principal, uma vez que a altura do septo corresponde ao máximo valor atingível da lâmina d'água gerada pela maior vazão de contribuição de entrada. Porém, caso ocorram situações adversas, não previstas no dimensionamento hidráulico, o reservatório não segurará as vazões excedentes.

O projeto é demonstrado nas Figuras 23 e 24, as quais contemplam a planta e os cortes AA e BB, respectivamente.

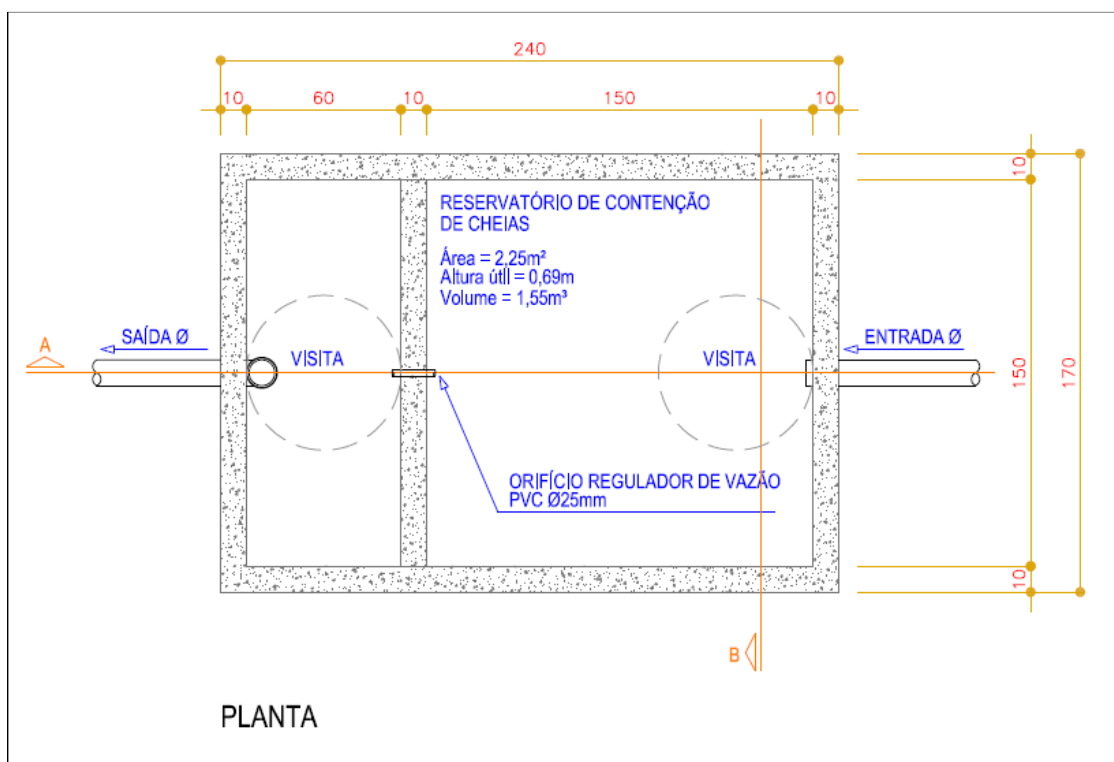


Figura 23 – Planta do reservatório de contenção de cheias

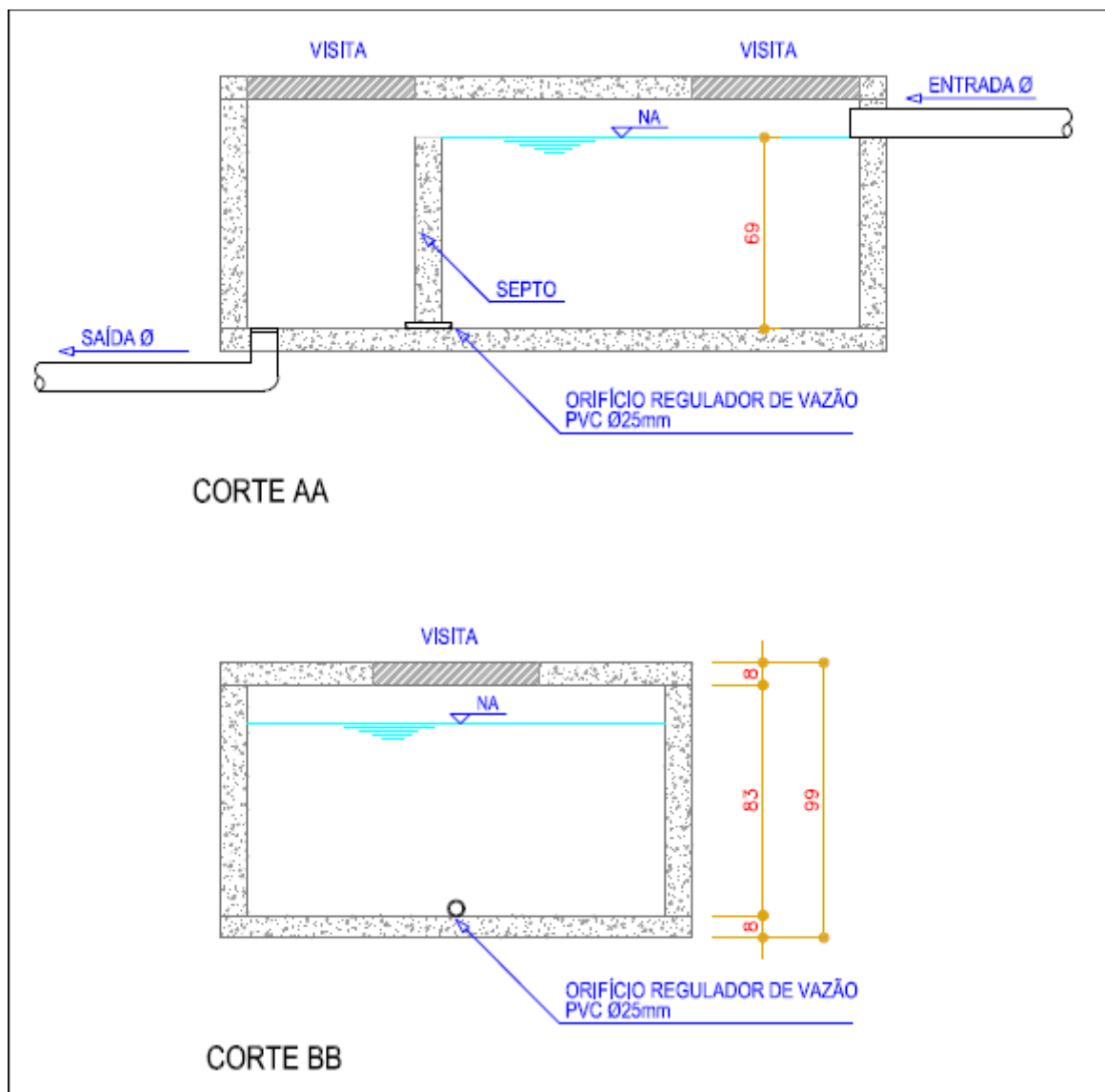


Figura 24 – Cortes do reservatório de contenção de cheias

### 5.3 VAZÕES MÁXIMAS PARA A ÁREA EM ESTUDO

#### 5.3.1 Caso A: Sem a Utilização de Reservatórios de Contenção de Cheias nas Edificações

As vazões obtidas para o caso de não serem utilizados reservatórios de contenção de cheias nas edificações são apresentadas na Tabela 13.

**Tabela 13 – Vazões sem a utilização de reservatórios de contenção de cheias**

<b>Áreas do Condomínio</b>	<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área Impermeável (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem Impermeável (%)</b>	<b>Coefficiente C</b>	<b>Vazão Total (m<sup>3</sup>/h)</b>
Lotes Residenciais	20203,1	11516,3	57,0%	0,57	1421,6
Calçadas	2527,9	2527,9	100,0%	0,85	265,2
Ruas de asfalto	5739,8	5739,8	100,0%	0,95	673,1
Bosques / Gramados	12566,3	0,0	0,0%	0,30	465,4
<b>Total do Condomínio</b>	<b>41037,1</b>	<b>19784,1</b>	<b>48,2%</b>		<b>2825,3</b>

### 5.3.2 Caso B: Utilização de Reservatórios de Contenção de Cheias nas Edificações Conforme Decreto 176/2007

No caso de serem utilizados reservatórios de contenção de cheias nas edificações, as vazões geradas pelos lotes residenciais sofrem amortização, conforme valores apresentados anteriormente na Tabela 12. As vazões obtidas são apresentadas na Tabela 14.

**Tabela 14 – Vazões com a utilização de reservatórios de contenção de cheias**

<b>Áreas do Condomínio</b>	<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área Impermeável (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem Impermeável (%)</b>	<b>Coefficiente C</b>	<b>Vazão Total (m<sup>3</sup>/h)</b>
Lotes Residenciais	20203,1	11516,3	57,0%	0,57	478,7
Calçadas	2527,9	2527,9	100,0%	0,85	265,2
Ruas de asfalto	5739,8	5739,8	100,0%	0,95	673,1
Bosques / Gramados	12566,3	0,0	0,0%	0,30	465,4
<b>Total do Condomínio</b>	<b>41037,1</b>	<b>19784,1</b>	<b>48,2%</b>		<b>1882,4</b>

### 5.3.3 Comparativo Entre os Casos Apresentados

Ao comparar apenas as vazões geradas nos lotes residenciais, com o uso de reservatórios de contenção de cheias ocorre uma redução de 66,3% da vazão

total, a qual é reduzida de 1421,6 m<sup>3</sup>/h para 478,7 m<sup>3</sup>/h. Ao comparar o total de vazões da área de estudo, a utilização de reservatórios de contenção de cheias nas edificações propicia redução de 2825,3 m<sup>3</sup>/h para 1882,4 m<sup>3</sup>/h, ou seja, 33,4%.

Conforme dados anteriores, no total da área de estudo essa redução é menor, tendo-se em vista que as vazões de calçadas, ruas de asfalto, bosques e gramados permanecem inalteradas para ambos os casos apresentados.

## 5.4 DRENAGEM DA ÁREA DE ESTUDO

### 5.4.1 Caso A: Sem a Utilização de Reservatórios de Contenção de Cheias nas Edificações

Para o caso da drenagem sem a utilização de reservatórios de contenção de cheias nas edificações notaram-se algumas particularidades:

- Galerias são necessárias apenas a partir das regiões onde existem bocas de lobo, fazendo com que boa parte da área de estudo não necessite de escavações de valas para acomodá-las;
- As vazões, provenientes também dos lotes residenciais, são mais altas. Logo, tendo-se em vista as altas declividades do terreno, as velocidades das águas nas galerias tornaram-se altas, sendo necessário afundar as suas montantes e conseqüentemente as cotas de fundo dos poços de visitas;
- Embora se tenham menos galerias, essas estão mais enterradas e possuem diâmetros maiores nos trechos finais do sistema.

O custo total do sistema de drenagem para a área de estudo foi estimado em R\$ 42.701,35. A composição de custos para o orçamento do sistema, bem como as planilhas de dimensionamento e o projeto de drenagem são apresentados no ANEXO D.



#### 5.4.2 Caso B: Utilização de Reservatórios de Contenção de Cheias nas Edificações Conforme Decreto 176/2007

Para o caso da drenagem com a utilização de reservatórios de contenção de cheias nas edificações notaram-se algumas particularidades:

- Galerias são necessárias em praticamente todas as ruas da área de estudo, uma vez que a contribuição dos lotes ocorre de forma subterrânea pelo uso dos reservatórios. Assim, são necessárias mais escavações de valas e mais poços de visitas nas mudanças de direção do escoamento;
- As vazões, já amortecidas pelo uso dos reservatórios, são mais baixas. Logo, mesmo com as altas declividades do terreno, as velocidades das águas nas galerias atenderam aos valores limites, não sendo necessário afundar as suas montantes. Conseqüentemente os poços de visitas ficaram mais rasos;
- Mesmo em casos que diâmetros menores seriam suficientes para atender ao dimensionamento das galerias, foi utilizada a medida mínima de 300 mm;
- Embora se tenham mais galerias, essas estão mais rasas, respeitando o recobrimento mínimo e possuindo diâmetros menores nos trechos finais do sistema.

O custo total do sistema de drenagem para a área de estudo, considerando-se a execução de reservatórios de contenção de cheias em concreto, foi estimado em R\$ 200.454,33. A composição de custos para o orçamento do sistema, bem como as planilhas de dimensionamento e o projeto de drenagem são apresentados no ANEXO E.

#### 5.4.3 Comparativo Entre os Casos Apresentados

As principais diferenças físicas no projeto de ambos os sistemas já foram abordadas nos itens anteriores.

Quanto aos custos pode-se notar diferença entre os modelos, uma vez que a execução de 131 reservatórios custa R\$ 132.132,77 e as respectivas ligações às redes públicas custam R\$ 19.055,81. Porém, ao transferir o presente caso para um bairro normal da cidade, no qual os custos de implantação do reservatório e as respectivas ligações são de responsabilidade dos proprietários dos imóveis, a prefeitura arcaria somente com os custos da rede de drenagem em si, totalizando R\$ 49.265,74, conforme apresentado no ANEXO E.

Logo, considerando-se as despesas para a prefeitura do município, um aumento de 15,4% nos custos da rede de drenagem, os quais passariam de R\$ 42.701,35 para R\$ 49.265,74, proporciona redução de vazão da ordem de 33,4%.

Para uma área maior na cidade, os custos para implantação de um grande reservatório de detenção à jusante do sistema de drenagem podem ser bem mais altos do que executar uma rede projetada para vazões controladas na fonte, na qual os custos são compartilhados com os proprietários dos imóveis.

Além disso, os custos com obras necessárias em períodos pós-enchentes também podem ser muito altos, fator que pode justificar o aumento das despesas com os reservatórios de contenção de cheias. Devem ainda ser considerados os aspectos sociais envolvidos e os prejuízos materiais para a população afetada por catástrofes naturais causadas pelas fortes precipitações.

## 5.5 ANÁLISE CRÍTICA DAS “NORMAS PARA PROJETOS DE DRENAGEM” PROPOSTAS PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA-PR

Para aprovação de projetos de drenagem superficial no caso de “condomínios residenciais, industriais e edificações comerciais maiores que 1000 metros quadrados e com rua interna”, a Prefeitura Municipal de Curitiba-PR, por meio da Secretaria Municipal de Obras Públicas, propõe a utilização das “Normas para projetos de drenagem”, conforme ANEXO C.

Ao adotar os parâmetros de dimensionamento impostos por tal norma, verificou-se que a sua utilização no caso da drenagem sem reservatórios de contenção de cheias nas edificações aumentaria a vazão final no exutório da bacia em 59,1%, conforme valores apresentados na Tabela 15.

**Tabela 15 – Comparativo entre vazões finais no exutório da bacia**

<b>Método de cálculo</b>	<b>Vazão final no exutório da bacia (m<sup>3</sup>/h)</b>
Cálculo com base no proposto pela literatura	2825,3
Cálculo com base no proposto pela norma de drenagem de Curitiba	4494,8

A imposição do uso de um coeficiente de escoamento superficial fixo no valor de 0,8 acarreta em superdimensionamento do sistema de drenagem, uma vez que 51,8% da área de estudo é permeável. Apesar de existirem equações para chuvas intensas mais atuais, indica-se o uso da equação obtida no período de 1921 a 1951, divulgada por Pedro V. Parigot de Souza em 1959.

A norma propõe ainda que a distância máxima entre bocas de lobo seja de 35 m. No caso da drenagem sem reservatórios de contenção de cheias nas edificações, tal critério promoveria um aumento em 170,6% da quantidade de bocas de lobo a serem utilizadas, valor extremamente significativo, conforme demonstrado na Tabela 16.

**Tabela 16 – Comparativo entre número de bocas de lobo**

<b>Método de cálculo</b>	<b>Número de bocas de lobo</b>
Cálculo com base no proposto pela literatura	17
Cálculo com base no proposto pela norma de drenagem de Curitiba	46

Portanto, considera-se que as “Normas para projetos de drenagem” não atendem ao proposto para o presente estudo, uma vez que não otimizam o dimensionamento da drenagem urbana e não levam em consideração os critérios tradicionais e consagrados apresentados na literatura referente ao assunto.

## 6 CONCLUSÕES

O presente estudo permite afirmar que a utilização de reservatórios de contenção de cheias nas edificações se mostra como uma medida significativa para o controle de escoamentos diretamente na fonte, evitando que se propaguem grandes vazões para a jusante de um sistema de drenagem urbana durante a ocorrência de eventos de precipitações.

Para o caso da área em estudo, a redução da vazão de contribuição dos lotes residenciais atingiu valores expressivos, na ordem de 66,3%. Isso significa que o pico de vazão dos lotes é apenas um terço do valor total que teria caso os reservatórios não fossem implantados. Ao se considerar toda a área de estudo, a redução da vazão de pico é de 33,4%, valor menor pelo fato de serem constantes, no caso de uso ou não de reservatórios, as vazões de ruas, calçadas, bosques e gramados, porém não menos expressivo.

É possível afirmar, tendo em vista os parâmetros de dimensionamento dos reservatórios, os critérios adotados para a transformação da chuva em vazão, bem como os resultados obtidos para as reduções de vazão de pico em função das áreas impermeabilizadas presentes nos lotes residenciais em estudo, que quanto maior o total de áreas impermeabilizadas presentes nos lotes urbanos da cidade de Curitiba-PR, maior será a vazão de contribuição e, conseqüentemente, maior será a redução da vazão de pico proporcionada pelos reservatórios de contenção de cheias. Logo, a utilização desses mecanismos em áreas centrais, altamente urbanizadas, pode contribuir de maneira ainda mais enérgica para redução da vazão de pico, uma vez que não existem nesse tipo de área grandes parcelas de solo com baixos coeficientes de escoamento, fazendo com que os reservatórios amortecem a vazão de pico de quase a totalidade da referida área.

Vale ressaltar que ao transferir o presente estudo para um trecho de algum bairro da cidade, no qual a prefeitura seria responsável apenas pelos custos do sistema de drenagem, excluindo-se a construção dos reservatórios e as respectivas ligações à rede, o aumento nos custos municipais para executar uma rede de drenagem compatível com utilização de reservatórios de contenção de cheias nas edificações é da ordem de 15,4%. Porém, os diâmetros das redes de drenagem a serem implantadas mais para jusante do sistema serão menores em função da

redução de vazão proporcionada pelos reservatórios, reduzindo-se por consequência os custos.

Medidas mais enérgicas para conter as cheias no município, tais como a implantação e manutenção de um grande reservatório de detenção, dimensionado para grandes volumes de água ao término do sistema de drenagem de determinada bacia hidrográfica, pode se tornar muito mais onerosa. Além disso, esse tipo de solução não contribui para a redução das águas pluviais ao longo do sistema de drenagem, sobrecarregando toda a rede e obrigando que toda a vazão de contribuição do sistema de drenagem chegue ao seu final para então ser amortizada pelo dispositivo de contenção.

Ao comparar os resultados obtidos com outras pesquisas realizadas sobre o assunto, pode-se afirmar que, embora ocorram variações nos critérios de dimensionamento e nas características das regiões em estudo, os reservatórios de contenção de cheias apresentam de maneira geral um desempenho significativo na redução de vazão de pico de lotes em análise. Os reservatórios são, portanto, uma boa alternativa para o combate às inundações urbanas e a possibilidade de sua utilização em outras cidades brasileiras a partir de leis ou decretos municipais deve ser analisada pelos governantes. Pode-se apontar a notável preocupação com esse problema em diversas regiões do país, tendo em vista a existência de diversos estudos acadêmicos nessa área.

Aliada ao uso de reservatórios de contenção de cheias, a questão da porcentagem de solo permeável que deve ser deixada nos lotes, conforme critérios já estabelecidos pelo município de Curitiba-PR, também é de grande valia para a redução das vazões. Confirma-se então a importância do respeito ao proposto pelo Decreto 176/2007 da Prefeitura Municipal para amenizar os impactos das precipitações nas redes de drenagem da cidade e, conseqüentemente, para reduzir os investimentos do poder público nessa área. O uso de reservatórios de contenção de cheias em conjunto com outras medidas de controle pode se mostrar ainda mais eficaz no combate aos problemas gerados pelas chuvas.

## 7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir do presente estudo podem ser desenvolvidos outros temas relativos ao assunto da drenagem urbana e a utilização de reservatórios de contenção de cheias nas edificações:

- Comparativo de custos de redes de drenagem urbana a partir de diferentes soluções de dimensionamento: por meio das “Normas para projetos de drenagem” da Prefeitura Municipal de Curitiba ou pelos critérios tradicionais propostos pela literatura.
- Análise crítica das “Normas para projetos de drenagem” da Prefeitura Municipal de Curitiba: ineficiência do uso de reservatórios de contenção de cheias para otimizar o dimensionamento da rede de drenagem urbana tendo em vista o superdimensionamento proposto pela normativa municipal.
- Proposta de elaboração de norma para projetos de drenagem para a cidade de Curitiba-PR com o intuito de indicar parâmetros nos quais a redução da vazão de pico seria suficiente para que fossem alcançados os valores das vazões em condições de pré-urbanização, essas calculadas com os coeficientes de escoamento superficial originais do solo.
- Análise comparativa do uso de reservatórios de contenção de cheias em uma área mais ampla da cidade de Curitiba-PR, com intuito de mostrar as reduções obtidas nos diâmetros das galerias ao fim de um grande sistema de drenagem.
- Estudo do custo de implantação de um reservatório de detenção de cheias ao término de um grande sistema de drenagem na cidade de Curitiba-PR e comparação com o caso de uso de reservatórios de contenção de cheias em edificações.
- Simulação do uso de reservatórios de contenção de cheias em áreas altamente urbanizadas na cidade de Curitiba-PR, com o intuito de mensurar a redução da vazão de pico em áreas com altos coeficientes de escoamento superficial.

- Desenvolvimento de método para cálculo de vazões de saída de reservatórios de contenção de cheias a partir da variação de lâminas d'água ao decorrer do tempo.
- Modelo de reservatório de contenção de cheias: comparação entre valores de redução de picos de vazão simulados por diferentes métodos e valores obtidos em experimento prático.
- Análise da viabilidade técnica e financeira em se aumentar as dimensões do reservatório de contenção de cheias para reduzir a lâmina d'água e, por consequência, o pico de vazão de saída.
- Análise da viabilidade de implantação de reservatórios de contenção de cheias em edificações antigas, anteriores à legislação atual.
- Análise da eficiência de um reservatório de contenção de cheias já existente e sugestão para otimizar o seu funcionamento.
- Comparativo de dimensionamento de drenagem urbana a partir de duas situações para o escoamento de água: por toda a calha da rua ou somente pelas sarjetas.
- Desenvolvimento de solução para tratamento e reaproveitamento da água dos reservatórios de contenção de cheias.

## REFERÊNCIAS

AGRA, Sidnei G. **Estudo experimental de microrreservatórios para controle do escoamento superficial**. 2001. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ALVES, Flávio A. de O.; COSTA, Alfredo R. da. Estimativa de volume para reservatório de detenção no controle de cheias urbanas. **I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste**, Cuiabá, 2007. Disponível em: <[http://www.abrh.org.br/novo/i\\_simp\\_rec\\_hidric\\_norte\\_centro\\_oeste15.pdf](http://www.abrh.org.br/novo/i_simp_rec_hidric_norte_centro_oeste15.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2012.

**ATLAS de Saneamento**. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.

BEENEN, A. S.; BOOGAARD, Floris C. Lessons from ten years storm water infiltration in the Dutch Delta. **Novatech**, Lyon, p. 1139-1146, 2007. Disponível em: <[http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/25161/1139\\_089beenen.pdf?sequence=1](http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/25161/1139_089beenen.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 22 ago. 2012.

BOTELHO, Manoel H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1998.

CAMPOS, Elaine F. de. **Avaliação da distribuição da chuva nas vazões máximas urbanas usando dados de radar e pluviógrafo**. 2009. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

CANHOLI, Aluísio P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CGL CONDOMÍNIOS FECHADOS. **Jardins São Lourenço**. Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://jardinssaolourenco.com.br/>>. Acesso em: 22 set. 2012.

COLOMBO, Jairo C. **Diagnóstico e diretrizes para plano diretor de drenagem urbana. Ribeirão Quilombo – Americana-SP**. 2002. 208 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.



COSTA, Alfredo R. da; SIQUEIRA, Eduardo Q. de; MENEZES FILHO, Frederico C. M. de. **Curso Básico de Hidrologia Urbana – Águas Pluviais Urbanas: Guia do Profissional em Treinamento**. Brasília: ReCESA – Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental, 2007.

CURITIBA (Capital). Decreto nº 176, de 27 de março de 2007. Dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias. **Prefeitura Municipal de Curitiba**, Curitiba, 2007. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/multimidia/00121212.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2012.

CURITIBA (Capital). Normas para projeto de drenagem. **Prefeitura Municipal de Curitiba**, Curitiba. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/multimidia/00121214.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

DIQUES de Nova Orleans resistem à chegada do furacão Isaac. **G1**, São Paulo, 29 ago. 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mundo/noticia/2012/08/diques-de-nova-orleans-resistem-a-chegada-do-furacao-isaac.html>>. Acesso em: 08 set. 2012.

EERTEN, Thijs Westerbeek van. A Holanda atrás de diques de plástico? **Radio Nederland Wereldomroep Brasil**, Hilversum, 15 fev. 2011. Disponível em: <<http://archieff.rnw.nl/portugues/article/a-holanda-atras-de-diques-de-plastico>>. Acesso em: 08 set. 2012.

ENOMOTO, Carolina F. **Método para elaboração de mapas de inundação: estudo de caso na bacia do Rio Palmital, Paraná**. 2004. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FENDRICH, Roberto. **Chuvas intensas para obras de drenagem no estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Vicentina, 2003.

FIGUEIREDO, Marcelo van der B. C. de.; NUNES, Pedro L. **Dimensionamento de reservatórios de retenção para condomínios horizontais para controle de cheias**. 2010. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Positivo, Curitiba, 2010.

FRANCISCHET, Marcelo M.; FILHO, José E. A. Análise da influência dos reservatórios de retenção domiciliares no escoamento superficial urbano aplicados na estimativa de vazões críticas geradas em uma quadra padrão. **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Maceió, 2011. Disponível em:

<[http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/df4aa083ac65e9188f234e6b8073b044\\_2dc5cc9288a373129f91635d2d76dc27.pdf](http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/df4aa083ac65e9188f234e6b8073b044_2dc5cc9288a373129f91635d2d76dc27.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2013.

FRANCO, Edu J. **Dimensionamento de bacias de detenção das águas pluviais com base no método racional**. 2004. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

GAROTTI, Leonardo M.; BARBASSA, Ademir P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 19-28, jan./mar. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v15n1/v15n1a03.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2012.

GOOGLE Maps. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>>. Acesso em: 22 set. 2012.

GUERRA, Amanda E. Qualidade e Eficiência dos Serviços de Saneamento. In: **ATLAS de Saneamento**. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011, p. 27-44.

HILU, Andrey. **Erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio Marumbi no Estado do Paraná**. 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

HOOGHIEMSTRA, Peter. Plano Delta finalmente concluído. **Radio Nederland Wereldomroep Brasil**, Hilversum, 25 ago. 2010. Disponível em: <<http://archieff.rnw.nl/portugues/article/plano-delta-finalmente-concluido>>. Acesso em: 08 set. 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (Curitiba, PR). **Curitiba: Mapa de Arruamento**. Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br>>. Acesso em: 23 ago. 2012.

JUNIOR, Lourenço L. da C.; BARBASSA, Ademir P. Parâmetros de projeto de microrreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 46-54, jan./mar. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v11n1/29137.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2012.

KALMAH, L.; SURYADI, F. X.; SCHULTZ, Bart. Evaluation of urban polder drainage system performance in Jakarta: Case study Kelapa Gading area. **The 6th Asian Regional Conference of ICID of International Commission on Irrigation and Drainage**, Jakarta, 10/16 out. 2010. Disponível em: <[http://www.rid.go.th/thaicid/\\_6\\_activity/Technical-Session/SubTheme5/5.09-Kalmah-FX\\_Suryadi-Bart\\_S.pdf](http://www.rid.go.th/thaicid/_6_activity/Technical-Session/SubTheme5/5.09-Kalmah-FX_Suryadi-Bart_S.pdf)>. Acesso em: 22 ago. 2012.

KAWATOKO, Ivie E. S. **Estabelecimento de cenários de medidas estruturais e não-estruturais para gestão das águas urbanas em escala de lote**. 2012. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia – Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

KRONEMBERGER, Denise M. P.; PEREIRA, Rodrigo da S.; FREITAS, Elpidio A. V. de; SCARCELLO, José A.; JUNIOR, Judicael C. Saneamento e Meio Ambiente. In: **ATLAS de Saneamento**. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011, p. 45-80.

KRÜGER, Cláudio M.; DZIEDZIC, Maurício. **Drenagem Urbana: Módulo 2**. Curitiba: IMAP – Instituto Municipal de Administração Pública, 2010.

LIMA, Lilian R. S. **Dragagem, transporte e disposição final de sedimentos de leito de rio. Estudo de caso: Calha do Rio Tietê – Fase II**. 2008. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LOBBRECHT, Arnold; EINFALT, Thomas; REICHARD, Leanne; POORTINGA, Irene. Decision support for urban drainage using radar data of HydroNET-SCOUT. **Symposium of International Association of Hydrological Sciences – IAHS**, Exeter, publ. 351, p. 626-631, abr. 2011. Disponível em: <<http://www.hydro.net.nl/Data/artikelen/WRaH.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2012.

MACCABIANI, Jos. Flood Control 2015: Solutions for smart flood control. **Flood Control 2015**, Delft, 2010. Disponível em: <<http://www.floodcontrol2015.com/downloads>>. Acesso em: 08 set. 2012.

MÜLLER, Anaximandro S. **Aplicabilidade de medidas não-estruturais no controle de cheias urbanas: Estudo de caso bacia hidrográfica do Rio Cachoeira – Joinville-SC**. 2011. 235 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

NAKAZONE, Lucia M. **Implantação de reservatórios de detenção em conjuntos habitacionais: a experiência da CDHU**. 2005. 287 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

**PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

RAMOS, Alice D. **Estudo de três tipos de bocas de lobo**. 1999. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

RIGHETTO, Antonio M.; MOREIRA, Lúcio F. F.; SALES, Thaise E. A. de. Manejo de Águas Pluviais Urbanas. In: RIGHETTO, Antonio M. (coordenador). **PROSAB 5 (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – Edital 5): Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009, p. 19-73, v.4.

SANEPAR. **Tabela de preços unitários compostos – julho/2012**. Disponível em: <[http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/tabelas-de-precos/jan2013\\_s\\_bdi-contratos\\_mos\\_4a\\_ed\\_v00\\_publica.pdf](http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/tabelas-de-precos/jan2013_s_bdi-contratos_mos_4a_ed_v00_publica.pdf)>. Acesso em: 30 mai. 2013.

SANTOS, Álvaro R. dos. Enchentes: Pátios, Estacionamentos, Pavimentos Drenantes. **EcoDebate: Cidadania & Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, 09 nov. 2011. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2011/11/09/enchentes-patios-estacionamentos-pavimentos-drenantes-artigo-de-alvaro-rodrigues-dos-santos/>>. Acesso em: 15 set. 2012.

SILVEIRA, André L. L. **Drenagem Urbana – Aspectos de Gestão: Notas de aula**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

SILVEIRA, André L. L. Hidrologia Urbana no Brasil. In: BRAGA, Benedito; TUCCI, Carlos E. M.; TOZZI, Marcos. **Drenagem Urbana: gerenciamento, simulação, controle**. Porto Alegre: ABRH – Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998, p. 7-25.

SOUZA, Tatiane F. de. **Drenagem urbana sob cenários de longo prazo visando incentivos ambientais**. 2008. 231 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia – Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

TASSI, Rutinéia. **Efeito dos microrreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana**. 2002. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

TEK, Klaas den. Nova Orleans protegida por dique holando-estadunidense. **Radio Nederland Wereldomroep Brasil**, Hilversum, 27 ago. 2010. Disponível em: <<http://archieff.rnw.nl/portugues/article/nova-orleans-prottegida-por-dique-holando-estadunidense>>. Acesso em: 08 set. 2012.

TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan./mar. 2002. Disponível em: <<http://www.rhama.net/download/artigos/artigo15.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2012.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: ABRH – Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.


TUCCI, Carlos E. M.; SILVEIRA, André L. L. **Gerenciamento da Drenagem Urbana: Notas de aula**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

VICENTINI, Telma A. **Análise do efeito da urbanização nas cheias urbanas – Monitoramento de bacias experimentais**. 2000. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

VIOLA, Heitor. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas – o estudo de caso da cidade do samba**. 2008. 384 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

VOLK, Leandro B. da S. **Condições físicas da camada superficial do solo resultantes do seu manejo e indicadores de qualidade para redução da erosão hídrica e do escoamento superficial**. 2006. 149 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

**ANEXO A – Prefeitura Municipal de Curitiba: Decreto 176/2007 (critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias)**



PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA

PUBLICADO NO DOM N.º 24  
DE 24 / 03 / 2007

**DECRETO N.º 176**

*Dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias.*

O PREFEITO MUNICIPAL DE CURITIBA, CAPITAL DO ESTADO DO PARANÁ, no uso de suas atribuições legais contidas no inciso IV, do artigo 72, da Lei Orgânica do Município de Curitiba, de conformidade com o artigo 17, da Lei n.º 7.833/1991 e §5.º, do artigo 42, da Lei n.º 9.800/2000;

considerando que compete ao Poder Público tomar medidas preventivas contra as graves conseqüências das inundações ou alagamentos que ocorrem periodicamente em áreas urbanizadas;

considerando que a impermeabilização das bacias hidrográficas resultante das edificações, pavimentações e demais impermeabilizações, causam impactos diretos no sistema drenante, acarretando por parte do Poder Público, investimentos cumulativos no sistema de jusante;

considerando a necessidade de se estabelecer critérios para dimensionamento e implantação dos mecanismos de contenção de cheias e baseado no Processo n.º 105.011/2006 - PMC,

**DECRETA:**

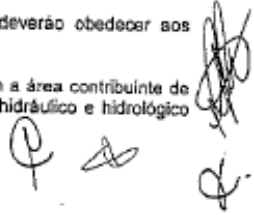
Art. 1.º A política do Poder Público Municipal, para o controle de cheias e alagamentos, consiste em acumular o máximo possível os excedentes hídricos a montante, possibilitando assim o retardamento do pico das enchentes, para as chuvas de curta duração e maior intensidade.

Art. 2.º Para efeito de aplicação do presente decreto, os mecanismos de contenção de cheias ficam definidos:

I - **BACIAS OU RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO** - são dispositivos abertos ou fechados capazes de reter e acumular parte das águas pluviais, provenientes de chuvas intensas, que tem por função regular a vazão de saída num valor desejado atenuando os efeitos a jusante, aliviando assim, os canais ou galerias responsáveis pela macrodrenagem.

Art. 3.º As bacias ou reservatórios de retenção deverão obedecer aos seguintes requisitos:

I - apresentar volume adequado, compatível com a área contribuinte de montante e dimensionadas em conformidade com o físico, hidráulico e hidrológico da área de contribuição;





II - o volume calculado para o reservatório de retenção deverá ser aprovado pela Secretaria Municipal de Obras Públicas - SMOP.

Art. 4.º Será obrigatória a implantação de reservatórios de retenção nos novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas situados em ZC - Zona Central, Setor Especial Histórico, Setor Especial Eixo Barão - Riachuelo, Setor Especial Preferencial de Pedestres, Setor Especial Estrutural - Via Central e Vias Externas, independente da área impermeabilizada.

Parágrafo único. A obrigatoriedade de que trata o "caput" deste artigo não se aplica aos imóveis que contenham Unidades de Interesse de Preservação, situados nas zonas e setores mencionados.

Art. 5.º Será obrigatória a implantação de reservatórios de retenção:

I - nos novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas, independente do uso e localização, que impermeabilizarem área igual ou superior a 3.000,00m<sup>2</sup> (três mil metros quadrados);

II - nos novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas independente do uso e localização, que apresentarem redução da taxa de permeabilidade de 25% (vinte e cinco por cento), estabelecida na Lei n.º 9.800/2000 e seus decretos complementares.

§1.º Poderá ser autorizada pela Secretaria Municipal de Urbanismo - SMU taxa de permeabilidade abaixo de 25% (vinte e cinco por cento) nos empreendimentos que solicitarem a redução da taxa de permeabilidade estabelecida na Lei n.º 9.800/2000 e seus decretos complementares, desde que implantado reservatório de retenção.

§2.º Para o dimensionamento do volume do reservatório de retenção onde houver redução da taxa de permeabilidade:

- a) de 25% (vinte e cinco por cento) até 15% (quinze por cento) será considerada a área total impermeabilizada no lote;
- b) abaixo de 15% (quinze por cento) será considerada para cálculo a área total do terreno, devendo ser mantido o paisagismo no recuo obrigatório do alinhamento predial, exceto nas Zonas de Serviço onde é esse facultado.

§3.º Serão consideradas impermeáveis, além das edificações, as áreas destinadas a piscinas, acessos de veículos, estacionamentos descobertos e canchas descobertas, esses independente do tipo de revestimento do piso. No caso de acessos de veículos em habitações unifamiliares isoladas ou em série será admitido canteiro central entre rodas permeável.



Art. 6.º Os reservatórios de retenção deverão ser dimensionados para cada caso, podendo ser instalados nas próprias áreas dos imóveis ou interligados de forma a acumular as vazões das áreas adjacentes.

§1.º O dimensionamento do volume necessário para o reservatório de retenção deverá ser calculado mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$V = K \times I \times A$$

Onde:

V= volume do reservatório

K= constante dimensional = 0,20

I= intensidade da chuva = 0,080m/h

A= área prevista no §2.º, do artigo 5.º, deste decreto.

O diâmetro do orifício regulador de vazão deverá obedecer ao seguinte critério:

VOLUME	DIÂMETRO
Até 2m <sup>3</sup>	25mm
3 a 6m <sup>3</sup>	40mm
7 a 28m <sup>3</sup>	50mm
27 a 60m <sup>3</sup>	75mm
61 a 134m <sup>3</sup>	100mm
135 a 355m <sup>3</sup>	150mm
356 a 405m <sup>3</sup>	200mm
406 a 800m <sup>3</sup>	300mm
801 a 1300m <sup>3</sup>	400mm
1301 a 2000m <sup>3</sup>	500mm

Art. 7.º Os reservatórios de retenção, não poderão localizar-se no recuo obrigatório estabelecido na Lei n.º 9.800/2000 e seus decretos complementares.

Art. 8.º A saída do reservatório para a rede pública de drenagem deverá funcionar preferencialmente por gravidade.

Art. 9.º Fica sob a responsabilidade da SMOP, a análise dos projetos de empreendimentos que necessitam da implantação de mecanismos de contenção de cheias, assim como a fiscalização da execução dos mesmos.

Parágrafo único. Os projetos de reservatório de retenção deverão ser apresentados com seu volume calculado e localização no empreendimento.





## PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA

4

Art. 10 Fica sob a responsabilidade do proprietário do empreendimento que possua reservatório de retenção, a sua manutenção e limpeza periódica, de forma a garantir o perfeito escoamento de águas pluviais.

Art. 11 A pessoa física ou jurídica de direito público ou privado que infringir os dispositivos deste decreto, fica sujeita às penalidades estabelecidas na Lei n.º 11.095/2004.

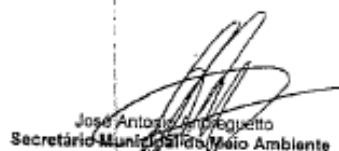
Art. 12 Os casos omissos serão analisados pelo Conselho Municipal de Urbanismo - CMU, ouvida a SMOP e a Secretaria Municipal do Meio Ambiente - SMMA.

Art. 13 Este decreto entrará em vigor na data de sua publicação, revogado o Decreto n.º 781/2003.

PALÁCIO 29 DE MARCO, em 20 de março de 2007.



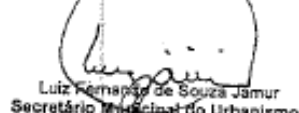
Carlos Alberto Riche  
Prefeito Municipal



José Antonio de Figueiredo  
Secretário Municipal do Meio Ambiente

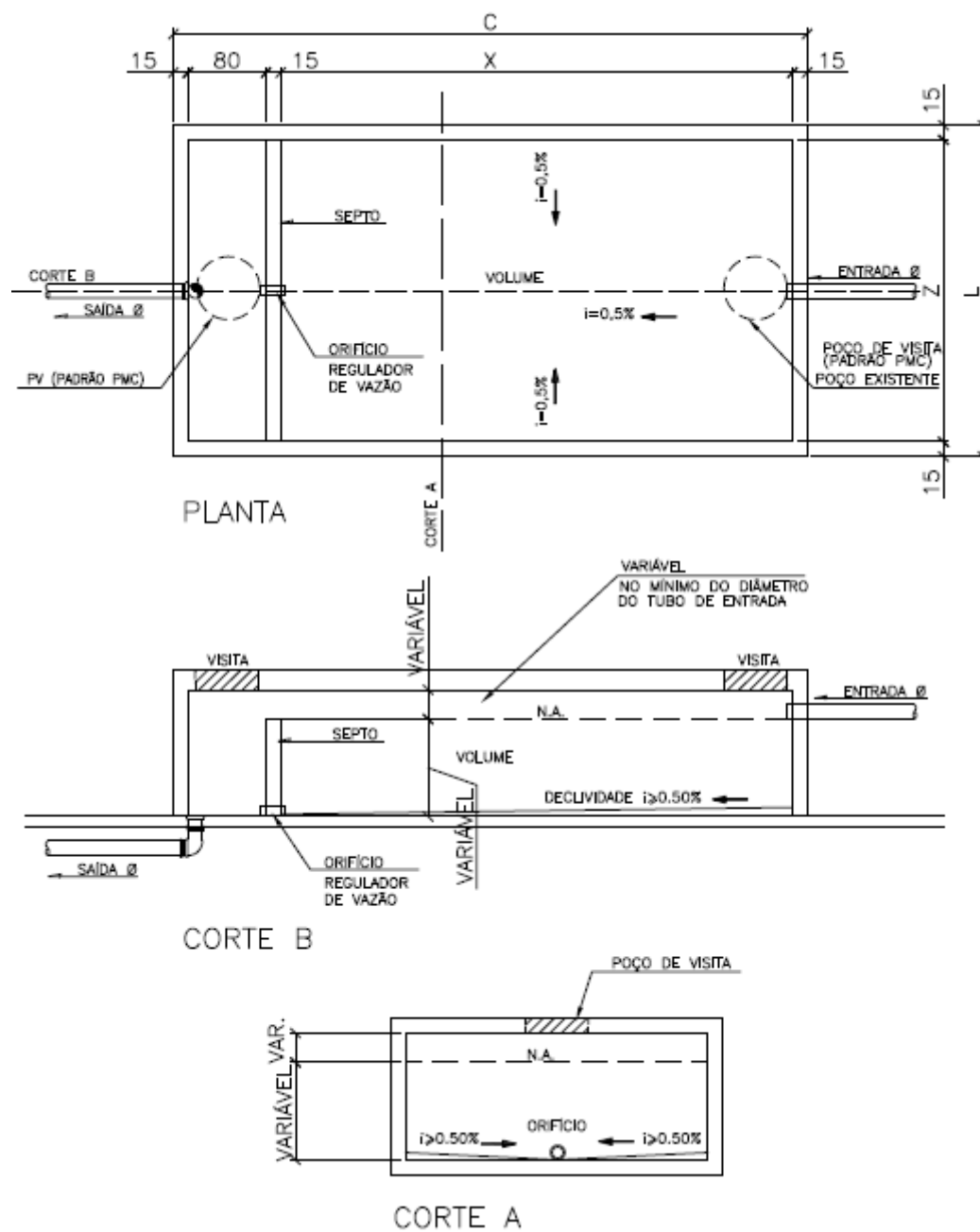


Mário Yoshio Tokumura  
Secretário Municipal de Obras Públicas



Luiz Fernando de Souza Jamur  
Secretário Municipal do Urbanismo

**ANEXO B – Prefeitura Municipal de Curitiba: Modelo para aprovação de projetos de reservatórios de contenção de cheias**



## ANEXO C – Prefeitura Municipal de Curitiba: Normas para Projeto de Drenagem (Secretaria Municipal de Obras Públicas)



### PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS PÚBLICAS DEPARTAMENTO DE PONTES E DRENAGEM

#### NORMAS PARA PROJETOS DE DRENAGEM

Considerando a necessidade de orientar os profissionais quanto a aprovação específica de projetos de drenagem superficiais o DIRETOR DO DEPARTAMENTO DE OBRAS DE SANEAMENTO, no uso de suas atribuições legais determina e estabelece CRITÉRIOS PARA APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DE DRENAGEM

1ª - Aplica-se a aprovação de drenagem superficial para projetos de condomínios residenciais, industriais e edificações comerciais maiores que 1000 metros quadrados e com rua interna, normas de projeto conforme Anexo 1.

2ª - Para desvios de fundo de vale deverá ser apresentado projeto específico para aprovação na SMOP/OPO, devendo o projeto ser revalidado após 12 meses (doze meses) caso a obra não tenha sido implantada.

3ª - Os projetos de construção a serem aprovados, que estejam incluídos nos artigos acima descritos, somente poderão ter o referido alvará de construção expedido, com o projeto de drenagem específico, devidamente aprovado pelo departamento competente, em anexo.

#### ANEXO I

#### NORMAS PARA PROJETO DE DRENAGEM

##### 1ª – ELABORAÇÃO DOS PROJETOS

- a) Todas as mudanças de declividade, diâmetro e direção, deverão possuir poço de visita
- b) Para os Diâmetros não corados entende-se ser de  $\phi$  0,40m
- c) O eixo da tubulação deverá estar a 3,00m do alinhamento predial
- d) Recobrimento mínimo dos tubos de 0,60m
- e) Distância máxima entre os raios 35,00m
- f) Distância máxima entre os poços de visita 120 metros
- g) Os projetos deverão ser apresentados nas escalas 1:500 Hor. - /100 Vert.
- h) Na planta deverá constar estaqueamento e nome das ruas
- i) A planta de situação deverá ser apresentada na escala 1:10.000 com a marcação das quadriculas conforme mapa oficial
- j) O carimbo deverá ser conforme modelo da OPO e os campos referentes a bacia hidrográfica e arquivo deverão ficar em branco
- k) Todas as pranchas deverão ser dentro das normas da ABNT
- l) Para a aprovação dos projetos deverão ser entregues em 3 cópias assinadas e cópia em meio digital (CD) com identificação do lote na cap
- m) Deverá ser apresentado a Art do projeto de drenagem com comprovante de pagamento.
- n) O perfil (esc horiz. 1:500 e vert. 1:100) deverá conter
  - declividade
  - cota do terreno
  - estaqueamento
  - cota da geratriz inf. Interna do tubo
  - diâmetro
  - distância
  - número do poço
- o) A planilha de dimensionamento das tubulações deverá seguir o modelo fornecido pelo departamento.
- p) A área de contribuição deverá ser apresentada em resolução aerofotogramétrica esc 1:2000 ou 1:5000 à ser retirado no IPPUC

##### 2ª - METODOLOGIA DE CÁLCULO

- \* A vazão deverá ser calculada pela fórmula Racional:

$$Q = C * I * A / 6$$

onde:

- Q= vazão em m³/s
- C= Run off
- I= Intensidade de chuva em mm/min
- A= área de contribuição em hectares

\* RUN OFF\* (C)

- Para a região central de Curitiba 0,90
- Para as demais regiões 0,80

- Fórmula de intensidade de chuva (I)

$$I = 99,167 \cdot TR^{0,217} / (tc + 26)^{1,15}$$

Tempo de Recorrência (TR) para tubulação

- Área de contribuição até 40 ha → TR 5 anos
- Área de contribuição de 40 a 64 ha → TR 10 anos
- Área de contribuição maior que 65 ha → TR 25 anos

Tempo de concentração (Tc)

$$Tc = 57 \cdot (L^3 / H)^{0,385}$$

onde:

- L = comprimento do talvegue em Km
- H = desnível em metros
- UTILIZAR TEMPO MÍNIMO DE 10 MIN.

Dimensionamento da tubulação deverá obedecer a fórmula de Manning:

$$Q = A \cdot R^h^{(2/3)} \cdot I^{(1/2)} \cdot 1/n$$

- Q = Vazão em m<sup>3</sup>/s
- Rh = Raio hidráulico ( para seção plena)
- I = declividade em m/m
- n = rugosidade do tubo, para concreto n = 0.015

Velocidades Mínimas e Máximas

- Velocidade mínima 0,8 m/s
- Velocidade máxima 4,0 m/s

### 3° - DISPOSIÇÕES GERAIS

- Para canalização de fundo de vale deverá apresentar consulta ao meio ambiente
- APÓS 12 MESES O PROJETO DEVERÁ SER REVALIDADO, CASO A OBRA NÃO SEJA EXECUTADA.

### 4° - CONVENÇÕES

-----	Marcação de fundo de vale com a faixa não edificável
-----	Divisor
○	Caixa de Queda (CQ)
○	Caixa de Ligação (CL)
●	Poço de Visita (PV)
————	Galeria a executar
-----	Galeria existente
■	Ralo executar
□	Ralo existente
————	Vale a executar
— — —	Vale existente
————→	Declividade do greide

**ANEXO D – Drenagem sem a utilização de reservatórios de contenção de cheias nas edificações**
**a) Memorial de cálculo: dimensionamento de sarjetas, bueiros e tubos de ligação**

Identificação de sarjetas, bueiros e tubos de ligação	Áreas de contribuição para bueiros e tubos de ligação					Verificação dos trechos críticos das sarjetas						Bocas de lobo		Tubos de ligação								
	Lotes Residenciais		Calçadas	Ruas de asfalto	Bosques / Gramados	Vazão total das áreas de contribuição (l/s)	Distância do trecho (m)	Cota montante (m)	Cota jusante (m)	Declividade longitudinal do trecho (S)	Capacidade total da sarjeta (l/s)	Velocidade na sarjeta para a vazão de contribuição (m/s)	Capacidade de engolimento (l/s)	Cotas (m)		Distância do trecho (m)	Cota geratriz superior (m)		Inclinação dos tubos de ligação	Diâmetro calculado (mm)	Diâmetro comercial adotado (mm)	Velocidade no trecho para diâmetro adotado (m/s)
	Identificação	Área (m²)												Área (m²)	Área (m²)		NS (nível superfície)	NF (nível fundo)				
1	Lote 121	339,62	204,54	434,02	1063,47	52,53	29,06	983,00	982,00	3,44%	316,48	1,21	64,00	982,50	981,60	4,46	981,90	981,40	11,21%	151,68	300,00	3,376
	Lote 122	191,98																				
	Lote 126	181,2																				
	Lote 128	180,68																				
	Lote 129	177,89																				
	Lote 130	183,24																				
Lote 131	174,31																					
2	Lote 1	142,06	125,67	291,46	0,00	30,41	26,36	983,00	982,00	3,79%	332,29	1,10	64,00	982,00	981,10	2,80	981,40	981,30	3,57%	153,13	300,00	1,925
	Lote 2	157,51																				
	Lote 3	145,17																				
	Lote 4	153,28																				
	Lote 125	160,06																				
	Lote 127	135,24																				
3	Lote 8	215,13	186,13	609,16	15,82	54,16	79,71	981,00	972,50	10,66%	557,12	1,87	64,00	972,50	971,60	2,96	971,90	971,80	3,38%	192,13	300,00	2,213
	Lote 10	172,03																				
	Lote 12	176,43																				
	Lote 14	171,54																				
	Lote 16	170,71																				
	Lote 18	166,32																				
	Lote 20	172,77																				
	Lote 22	169,78																				
Lote 24	221,56																					
4	Lote 9	169,82	135,48	373,73	0,00	40,53	76,04	981,00	972,50	11,18%	570,40	1,77	64,00	973,00	972,10	6,41	972,40	971,90	7,80%	147,31	300,00	2,760
	Lote 11	149,37																				
	Lote 13	133,81																				
	Lote 15	144,6																				
	Lote 17	151,31																				
	Lote 19	143,69																				
	Lote 21	136,67																				
Lote 23	146,4																					
5	Lote 25	231,24	137,73	312,01	14,95	38,31	71,63	972,00	957,00	20,94%	780,71	2,21	64,00	957,00	956,10	2,43	956,40	956,30	4,12%	162,60	300,00	2,158
	Lote 26	140,25																				
	Lote 28	140,25																				
	Lote 30	140,25																				
	Lote 32	140,25																				
	Lote 34	140,25																				
	Lote 36	140,25																				
Lote 37	140,25																					
6	Lote 27	177,49	105,07	226,86	0,00	24,76	58,60	972,00	959,00	22,18%	803,56	2,02	64,00	958,50	957,60	7,02	957,90	956,40	21,37%	101,38	300,00	3,423
	Lote 29	140,36																				
	Lote 31	142,75																				
	Lote 33	131,53																				
	Lote 35	195,16																				

Identificação de sarjetas, bueiros e tubos de ligação	Áreas de contribuição para bueiros e tubos de ligação					Verificação dos trechos críticos das sarjetas						Bocas de lobo		Tubos de ligação								
	Lotes Residenciais		Calçadas	Ruas de asfalto	Bosques / Gramados	Vazão total das áreas de contribuição (l/s)	Distância do trecho (m)	Cota montante (m)	Cota jusante (m)	Declividade longitudinal do trecho (S)	Capacidade total da sarjeta (l/s)	Velocidade na sarjeta para a vazão de contribuição (m/s)	Capacidade de engolimento (l/s)	Cotas (m)		Distância do trecho (m)	Cota geratriz superior (m)		Inclinação dos tubos de ligação	Diâmetro calculado (mm)	Diâmetro comercial adotado (mm)	Velocidade no trecho para diâmetro adotado (m/s)
	Identificação	Área (m²)												Área (m²)	Área (m²)		NS (nível superfície)	NF (nível fundo)				
7	Lote 88	169,2	218,49	496,02	0,00	58,28	132,42	981,00	969,50	8,68%	502,77	1,76	64,00	969,00	968,10	7,22	968,40	968,30	1,39%	233,41	300,00	1,620
	Lote 89	135,3																				
	Lote 90	136,28																				
	Lote 91	144,04																				
	Lote 92	208,73																				
	Lote 93	225,6																				
	Lote 94	132																				
	Lote 95	134,9																				
	Lote 96	128,6																				
	Lote 97	128,75																				
Lote 98	131,29																					
Lote 99	124,13																					
8	Lote 5	156,47	197,92	481,85	0,00	48,52	123,40	982,00	971,00	8,91%	509,37	1,70	64,00	972,00	971,10	9,10	971,40	970,40	10,99%	147,78	300,00	3,287
	Lote 6	162,02																				
	Lote 7	154,29																				
	Lote 100	146,5																				
	Lote 101	148,89																				
	Lote 102	149,43																				
	Lote 103	149,98																				
Lote 104	151,81																					
Lote 105	202,47																					
9	Lote 106	168,24	150,21	366,40	0,00	39,63	97,85	982,50	971,00	11,75%	584,87	1,79	64,00	966,00	965,10	3,37	965,40	964,90	14,84%	129,49	300,00	3,437
	Lote 107	142,86																				
	Lote 109	142,86																				
	Lote 111	142,86																				
	Lote 113	142,86																				
	Lote 116	142,86																				
	Lote 123	142,86																				
Lote 124	142,86																					
10	Lote 84	134,46	220,61	439,87	22,49	59,30	92,72	982,00	966,00	17,26%	708,71	2,29	64,00	966,00	965,10	3,50	965,40	964,90	14,29%	151,69	300,00	3,812
	Lote 85	134,46																				
	Lote 86	134,46																				
	Lote 87	134,46																				
	Lote 108	132,71																				
	Lote 110	135,5																				
	Lote 112	138,35																				
	Lote 114	131,79																				
	Lote 115	131,79																				
	Lote 117	163,31																				
Lote 118	141,33																					
Lote 119	136,06																					
Lote 120	297,91																					
11	Lote 82	137,18	64,01	160,23	4175,67	55,88	18,76	966,00	961,00	26,65%	880,77	2,65	64,00	961,00	960,10	2,52	960,40	959,90	19,84%	139,48	300,00	4,209
	Lote 83	134,46																				
12	Lote 69	148,18	96,00	184,60	0,00	27,12	58,22	961,00	955,50	9,45%	524,37	1,50	64,00	955,50	954,60	3,12	954,90	954,40	16,03%	110,70	300,00	3,159
	Lote 71	139,6																				
	Lote 73	141,84																				
	Lote 75	142,74																				
	Lote 77	150,4																				
Lote 79	168,89																					
13	Lote 61	137,1	76,07	143,00	2860,97	48,51	45,35	955,50	955,00	1,10%	179,14	0,78	64,00	957,00	956,10	2,15	956,40	956,30	4,65%	173,62	300,00	2,405
	Lote 63	135,14																				
	Lote 65	140,02																				
	Lote 67	138,39																				

Identificação de sarjetas, bueiros e tubos de ligação	Áreas de contribuição para bueiros e tubos de ligação					Verificação dos trechos críticos das sarjetas						Bocas de lobo		Tubos de ligação								
	Lotes Residenciais		Calçadas	Ruas de asfalto	Bosques / Gramados	Vazão total das áreas de contribuição (l/s)	Distância do trecho (m)	Cota montante (m)	Cota jusante (m)	Declividade longitudinal do trecho (S)	Capacidade total da sarjeta (l/s)	Velocidade na sarjeta para a vazão de contribuição (m/s)	Capacidade de engolimento (l/s)	Cotas (m)		Distância do trecho (m)	Cota geratriz superior (m)		Inclinação dos tubos de ligação	Diâmetro calculado (mm)	Diâmetro comercial adotado (mm)	Velocidade no trecho para diâmetro adotado (m/s)
	Identificação	Área (m²)												Área (m²)	Área (m²)		NS (nível superfície)	NF (nível fundo)				
14	Lote 60	187,25	187,57	344,49	0,00	53,30	109,10	959,50	955,50	3,67%	326,67	1,25	64,00	957,00	956,10	4,40	956,40	956,30	2,27%	205,71	300,00	1,904
	Lote 62	144,41																				
	Lote 64	133,19																				
	Lote 66	138,44																				
	Lote 68	136,77																				
	Lote 70	149,93																				
	Lote 72	147,79																				
	Lote 74	136,02																				
	Lote 76	135,47																				
	Lote 78	136,8																				
	Lote 80	152,61																				
Lote 81	179,6																					
15	Lote 51	151,58	192,71	399,54	403,77	50,11	26,20	958,00	955,00	11,45%	577,30	1,88	64,00	955,00	954,10	7,24	954,40	954,30	1,38%	220,68	300,00	1,561
	Lote 52	146,8																				
	Lote 53	136,8																				
	Lote 54	132,03																				
	Lote 55	131,25																				
	Lote 56	143,15																				
	Lote 57	141,54																				
	Lote 58	133,61																				
Lote 59	164,37																					
16	Lote 50	152,03	78,12	154,91	3994,19	57,69	28,06	960,50	960,00	1,78%	227,74	0,97	64,00	959,90	959,00	3,19	959,30	958,40	28,21%	132,14	300,00	4,816
	Lote 49	146,84																				
	Lote 48	139,31																				
17	Lote 38	138,5	151,61	321,68	14,95	45,75	38,94	959,50	956,00	8,99%	511,48	1,68	64,00	957,00	956,10	2,39	956,40	956,30	4,18%	173,26	300,00	2,277
	Lote 39	154,08																				
	Lote 40	130,2																				
	Lote 41	128,78																				
	Lote 42	197,8																				
	Lote 43	191,15																				
	Lote 44	143,53																				
	Lote 45	150,3																				
	Lote 46	153,67																				
Lote 47	133,55																					

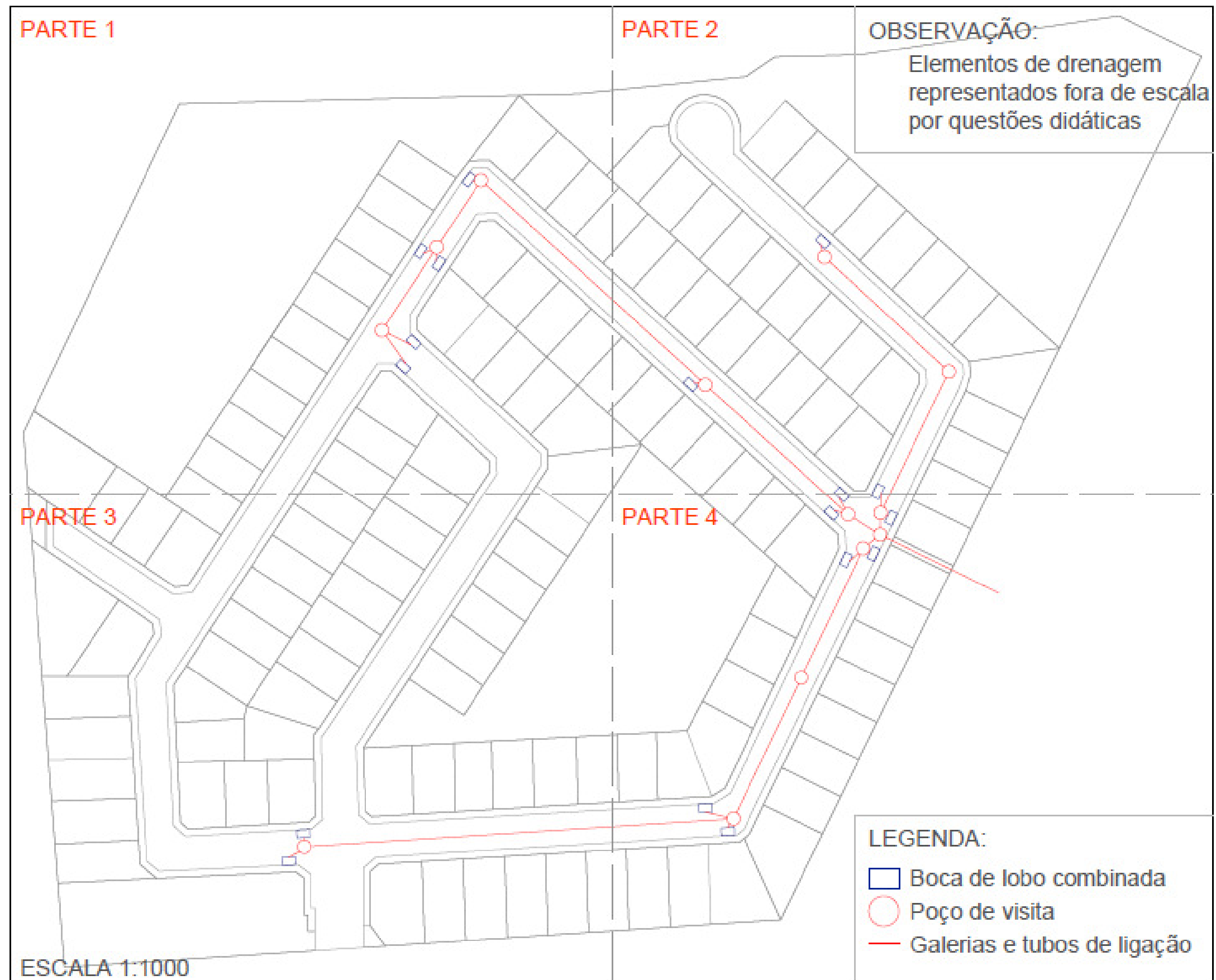
## b) Memorial de cálculo: dimensionamento de galerias

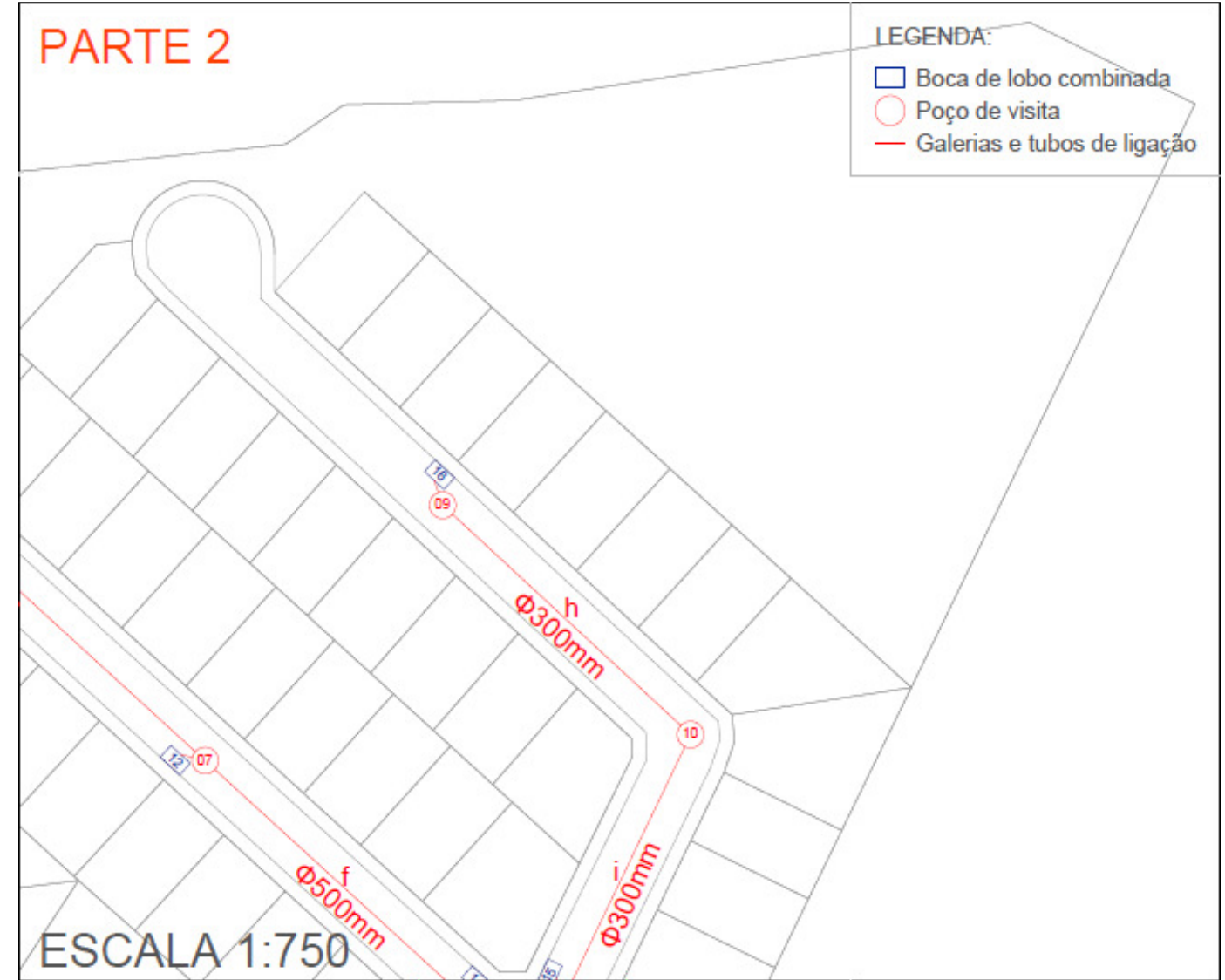
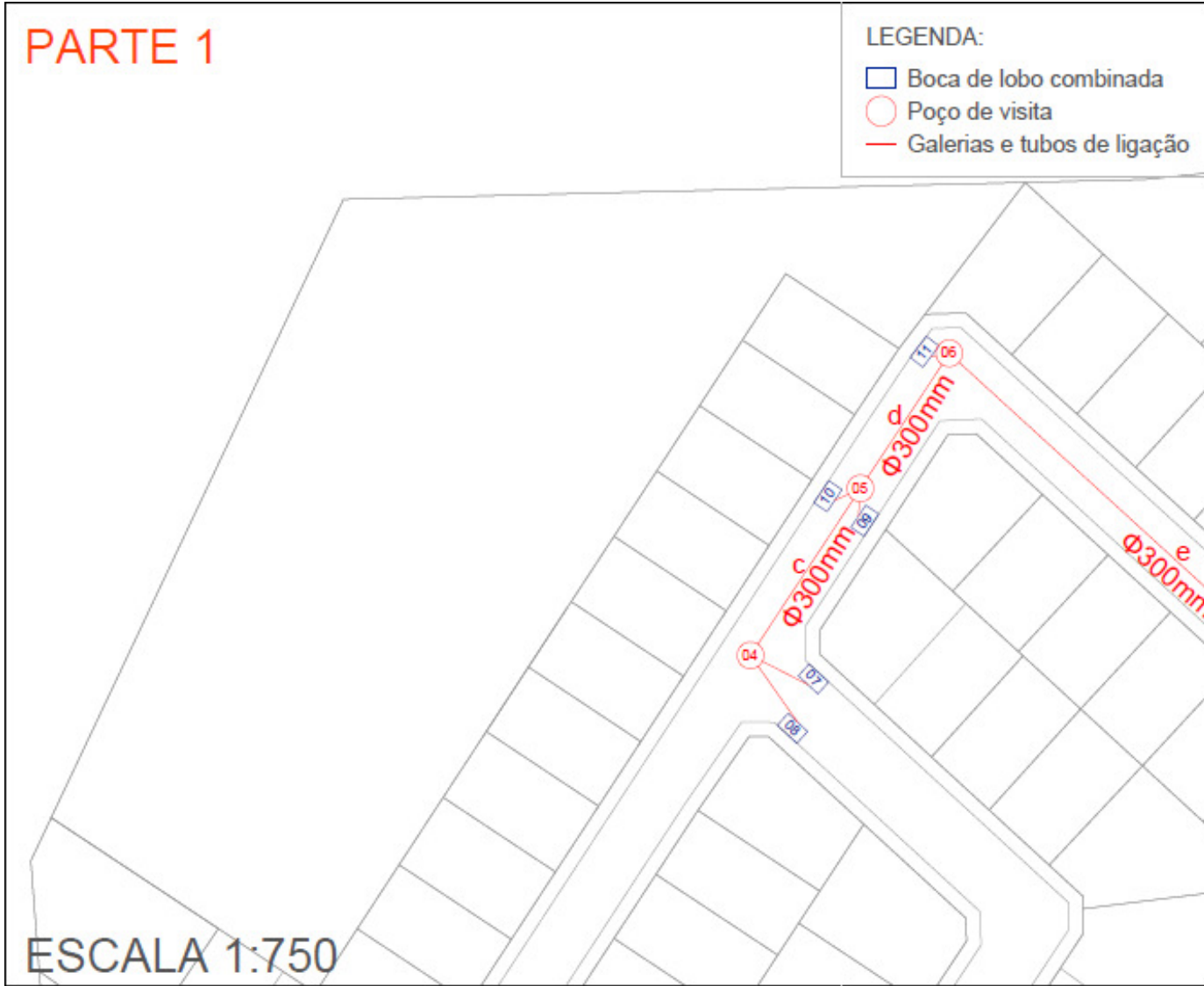
Identificação das galerias	Contribuição tubos de ligação		Galerias							
			Vazão total trecho (m³/s)	Distância do trecho (m)	Cota geratriz superior (m)		Inclinação da galeria	Diâmetro calculado para galeria (mm)	Diâmetro comercial adotado para galeria (mm)	Velocidade no trecho para diâmetro adotado (m/s)
	Identificação	Vazão (m³/s)			Montante	Jusante				
a	1	0,053	0,083	96,91	981,30	971,90	9,70%	184,97	300,00	3,648
	2	0,030								
b	1	0,053	0,178	34,50	969,40	964,90	13,04%	232,82	300,00	4,963
	2	0,030								
	3	0,054								
	4	0,041								
c	7	0,058	0,107	21,55	968,30	964,90	15,78%	185,64	300,00	4,662
	8	0,049								

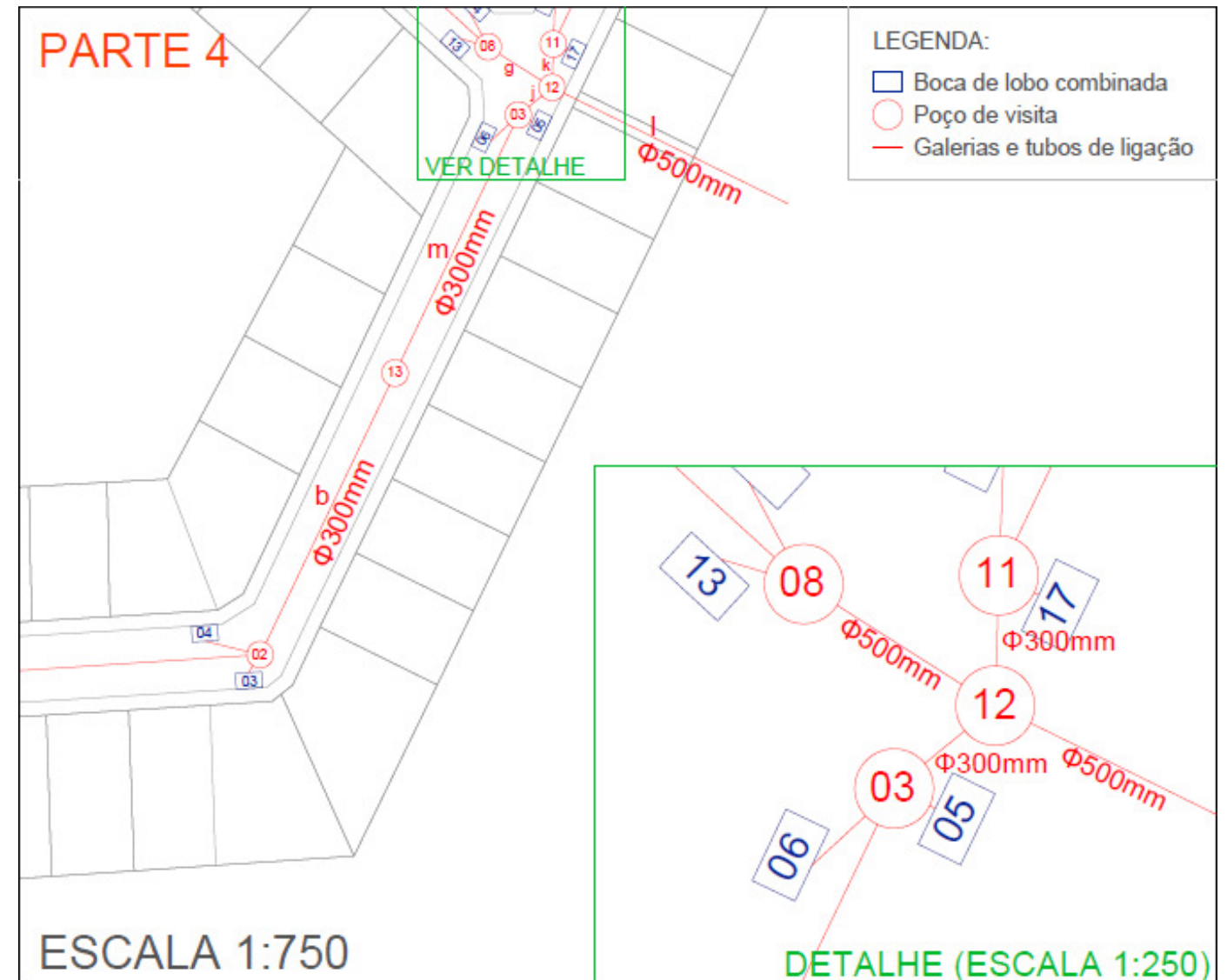
Identificação das galerias	Contribuição tubos de ligação		Galerias							
			Vazão total trecho (m³/s)	Distância do trecho (m)	Cota geratriz superior (m)		Inclinação da galeria	Diâmetro calculado para galeria (mm)	Diâmetro comercial adotado para galeria (mm)	Velocidade no trecho para diâmetro adotado (m/s)
	Identificação	Vazão (m³/s)			Montante	Jusante				
d	7	0,058	0,206	17,24	961,90	959,90	11,60%	251,47	300,00	4,922
	8	0,049								
	9	0,040								
	10	0,059								
e	7	0,058	0,262	67,95	959,90	954,40	8,09%	294,39	300,00	4,434
	8	0,049								
	9	0,040								
	10	0,059								
	11	0,056								
f	7	0,058	0,289	42,78	954,40	953,90	1,17%	439,11	500,00	2,258
	8	0,049								
	9	0,040								
	10	0,059								
	11	0,056								
	12	0,027								
g	7	0,058	0,391	7,63	953,90	953,80	1,31%	481,32	500,00	2,493
	8	0,049								
	9	0,040								
	10	0,059								
	11	0,056								
	12	0,027								
	13	0,049								
14	0,053									
h	16	0,058	0,058	37,38	958,40	957,90	1,34%	234,06	300,00	1,596
i	16	0,058	0,058	37,58	957,90	956,40	3,99%	190,68	300,00	2,392
j	1	0,053	0,241	1,58	956,30	956,20	6,33%	298,81	300,00	3,924
	2	0,030								
	3	0,054								
	4	0,041								
	5	0,038								
	6	0,025								
k	15	0,050	0,154	1,52	954,30	954,20	6,58%	250,63	300,00	3,697
	16	0,058								
	17	0,046								
l	1	0,053	0,785	30,00	953,80	952,50	4,33%	499,71	500,00	4,565
	2	0,030								
	3	0,054								
	4	0,041								
	5	0,038								
	6	0,025								
	7	0,058								
	8	0,049								
	9	0,040								
	10	0,059								
	11	0,056								
	12	0,027								
	13	0,049								
	14	0,053								
	15	0,050								
m	16	0,058	0,178	34,50	960,90	956,40	13,04%	232,82	300,00	4,963
	17	0,046								
	1	0,053								
	2	0,030								
	3	0,054								
	4	0,041								



c) Projeto simplificado







## d) Orçamento

CÓDIGO	SERVIÇO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO	QUANTITATIVO	CUSTO TOTAL
<b>01</b>	<b>MOVIMENTO DE TERRA</b>				
<i>01.01</i>	<i>ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA</i>				
01.01.01	Profundidade 0 m < h <= 2 m	m³	R\$ 6,51	178,17	R\$ 1.159,90
01.01.02	Profundidade 0 m < h <= 4 m	m³	R\$ 7,03	268,27	R\$ 1.885,92
01.01.03	Profundidade 0 m < h <= 6 m	m³	R\$ 7,71	60,54	R\$ 466,75
01.01.04	Profundidade 0 m < h <= 8 m	m³	R\$ 8,32	0,00	R\$ -
<i>01.02</i>	<i>ATERRO/REATERRO EM VALAS E CAVAS</i>				
01.02.01	Mecânico	m³	R\$ 0,87	506,98	R\$ 441,07
<i>01.03</i>	<i>COMPACTAÇÃO EM VALAS</i>				
01.03.01	Mecânico	m³	R\$ 2,78	506,98	R\$ 1.409,40
<i>01.04</i>	<i>CARGA E DESCARGA DE SOLOS</i>				
01.04.01	Qualquer tipo de solo exceto rocha	m³	R\$ 1,36	506,98	R\$ 689,49
<i>01.05</i>	<i>TRANSPORTE DE SOLOS</i>				
01.05.01	Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m³ x 10km	R\$ 5,90	506,98	R\$ 2.991,17
<i>CUSTO ETAPA</i>					<i>R\$ 9.043,70</i>
<b>02</b>	<b>DRENAGEM</b>				
<i>02.01</i>	<i>GALERIAS</i>				
02.01.01	Galeria em tubo de concreto simples DN 300	m	R\$ 28,90	427,23	R\$ 12.347,02
02.01.02	Galeria em tubo de concreto simples DN 400	m	R\$ 37,43	0,00	R\$ -
02.01.03	Galeria em tubo de concreto simples DN 500	m	R\$ 53,67	80,44	R\$ 4.317,31
<i>02.02</i>	<i>POÇO DE VISITA TIPO A - DN 800</i>				
02.02.01	Com profundidade até 1,00 m	ud	R\$ 583,69	13,00	R\$ 7.587,97
02.02.02	Acréscimo para profundidade superior a 1,00 m	m	R\$ 205,75	19,00	R\$ 3.909,25
<i>02.03</i>	<i>CAIXA DE CAPTAÇÃO</i>				
02.03.01	Caixa de captação p/prof. até 1,00 m	ud	R\$ 323,30	17,00	R\$ 5.496,10
02.03.02	Acréscimo p/ profundidade superior a 1,00 m	m	R\$ 197,89	0,00	R\$ -
<i>CUSTO ETAPA</i>					<i>R\$ 33.657,65</i>
<b>03</b>	<b>RESERVATÓRIOS EM CONCRETO</b>				
<i>03.01</i>	<i>FORMA PARA LAJE</i>				
03.01.01	Chapa resinada e= 12 mm	m²	R\$ 35,21	0,00	R\$ -
<i>03.02</i>	<i>FORMA PARA PAREDE</i>				
03.02.01	Plana em chapa resinada e= 12 mm (considerando 12 reaproveitamentos)	m²	R\$ 50,82	0,00	R\$ -
<i>03.03</i>	<i>ARMADURA</i>				
03.03.01	Em aço CA-50	kg	R\$ 5,78	0,00	R\$ -
<i>03.04</i>	<i>CONCRETO USINADO</i>				
03.04.01	fck = 15,0 MPa - slump 5	m³	R\$ 245,77	0,00	R\$ -
<i>03.05</i>	<i>BOMBEAMENTO DE CONCRETO</i>				
03.05.01	Bombeamento de concreto usinado	m³	R\$ 30,00	0,00	R\$ -
<i>03.06</i>	<i>ESCAVAÇÃO MANUAL, NÃO EM VALAS, EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA</i>				
03.06.01	Profundidade 0 m < h <= 1 m	m³	R\$ 20,10	0,00	R\$ -
<i>03.07</i>	<i>CARGA E DESCARGA DE SOLOS</i>				
03.07.01	Qualquer tipo de solo exceto rocha	m³	R\$ 1,36	0,00	R\$ -
<i>03.08</i>	<i>TRANSPORTE DE SOLOS</i>				
03.08.01	Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m³ x 10km	R\$ 5,90	0,00	R\$ -
<i>CUSTO ETAPA</i>					<i>R\$ -</i>
<b>CUSTO TOTAL</b>					<b>R\$ 42.701,35</b>

**ANEXO E – Drenagem com a utilização de reservatórios de contenção de cheias nas edificações**
**a) Memorial de cálculo: dimensionamento de sarjetas, bueiros e tubos de ligação**

Identificação de sarjetas, bueiros e tubos de ligação	Áreas de contribuição para bueiros e tubos de ligação			Verificação dos trechos críticos das sarjetas							Bocas de lobo		Tubos de ligação							
	Calçadas	Ruas de asfalto	Bosques / Gramados	Vazão total das áreas de contribuição (l/s)	Distância do trecho (m)	Cota montante (m)	Cota jusante (m)	Declividade longitudinal do trecho (S)	Capacidade total da sarjeta (l/s)	Velocidade na sarjeta para a vazão de contribuição (m/s)	Capacidade de engolimento (l/s)	Cotas (m)		Distância do trecho (m)	Cota geratriz superior (m)		Inclinação dos tubos de ligação	Diâmetro calculado (mm)	Diâmetro comercial adotado (mm)	Velocidade no trecho para diâmetro adotado (m/s)
	Área (m²)	Área (m²)	Área (m²)									NS (nível superfície)	NF (nível fundo)		Montante	Jusante				
1	390,83	1043,20	1079,29	56,47	79,71	981,00	972,50	10,66%	557,12	1,89	64,00	972,50	971,60	2,96	971,90	971,80	3,38%	195,16	300,00	2,236
2	366,19	894,91	0,00	39,82	58,60	972,00	959,00	22,18%	803,56	2,28	64,00	958,50	957,60	7,02	957,90	956,40	21,37%	121,15	300,00	3,929
3	561,30	1332,00	0,00	59,75	13,04	969,00	966,00	23,01%	818,31	2,55	64,00	966,00	965,10	3,37	965,40	965,30	2,97%	204,24	300,00	2,169
4	220,42	437,68	22,31	20,91	92,72	982,00	966,00	17,26%	708,71	1,76	64,00	966,00	965,10	3,50	965,40	965,30	2,86%	138,75	300,00	1,594
5	64,01	160,23	4175,67	50,04	18,76	966,00	961,00	26,65%	880,77	2,58	64,00	961,00	960,10	2,52	960,40	960,30	3,97%	180,96	300,00	2,296
6	171,87	327,61	2855,68	45,06	104,57	961,00	955,00	5,74%	408,66	1,41	64,00	957,00	956,10	2,15	956,40	956,30	4,65%	168,88	300,00	2,361
7	187,57	344,49	0,00	16,69	109,10	959,50	955,50	3,67%	326,67	0,93	64,00	957,00	956,10	4,40	956,40	956,30	2,27%	133,09	300,00	1,376
8	152,16	284,76	3994,19	54,80	69,88	961,00	959,50	2,15%	249,96	1,03	64,00	959,50	958,60	2,27	958,90	958,80	4,41%	183,60	300,00	2,447
9	192,71	399,54	409,25	22,84	26,20	958,00	955,00	11,45%	577,30	1,55	64,00	955,00	954,10	7,24	954,40	954,30	1,38%	164,36	300,00	1,257
10	220,88	515,41	29,89	23,53	71,63	972,50	957,00	21,64%	793,62	1,98	64,00	957,00	956,10	2,44	956,40	956,30	4,10%	135,55	300,00	1,870

**b) Memorial de cálculo: dimensionamento das ligações dos reservatórios de contenção de cheias**

Vazão total trecho (m³/h)	Vazão total trecho (m³/s)	Distância do trecho (m)	Cota geratriz superior (m)		Diferença de nível do trecho (m)	Inclinação da galeria	Diâmetro calculado para galeria (mm)	Diâmetro comercial adotado para galeria (mm)	Velocidade no trecho para seção plena do diâmetro calculado (m/s)	Velocidade no trecho para diâmetro adotado (m/s)
			Montante	Jusante						
3,43	0,000953	7,00	0,20	0,00	0,20	2,86%	43,59	100,00	0,639	0,730
3,48	0,000965	7,00	0,20	0,00	0,20	2,86%	43,79	100,00	0,641	0,734
3,56	0,000989	7,00	0,20	0,00	0,20	2,86%	44,19	100,00	0,645	0,739
3,59	0,000997	7,00	0,20	0,00	0,20	2,86%	44,32	100,00	0,646	0,740
3,63	0,001007	7,00	0,20	0,00	0,20	2,86%	44,49	100,00	0,648	0,742
3,66	0,001016	7,00	0,20	0,00	0,20	2,86%	44,64	100,00	0,649	0,745
3,77	0,001047	7,00	0,20	0,00	0,20	2,86%	45,15	100,00	0,654	0,754
3,84	0,001065	7,00	0,20	0,00	0,20	2,86%	45,44	100,00	0,657	0,757
3,86	0,001071	7,00	0,20	0,00	0,20	2,86%	45,52	100,00	0,658	0,757

## c) Memorial de cálculo: dimensionamento das galerias

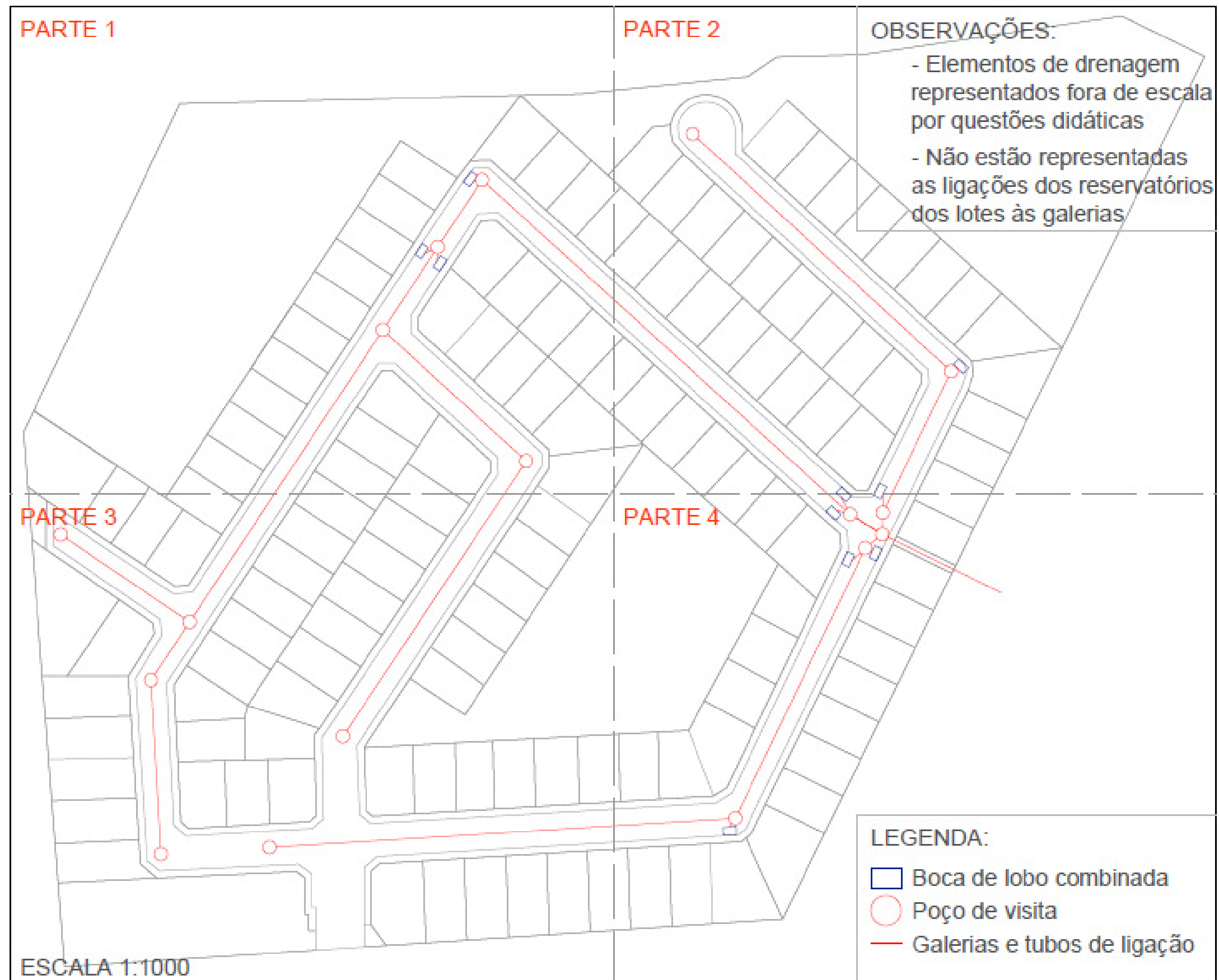
Identificação das galerias	Contribuição tubos de ligação das bocas de lobos e dos reservatórios de contenção de cheias		Galerias									
			Vazão total trecho (m³/s)	Distância do trecho (m)	Cota terreno (m)		Cota geratriz superior (m)		Inclinação da galeria	Diâmetro calculado para galeria (mm)	Diâmetro comercial adotado para galeria (mm)	Velocidade no trecho para diâmetro adotado (m/s)
					Montante	Jusante	Montante	Jusante				
Identificação	Vazão (m³/s)											
a	Lote 3	0,000997	0,020	105,90	982,50	972,50	981,90	971,90	9,44%	108,20	300,00	2,397
	Lote 4	0,000965										
	Lote 8	0,001047										
	Lote 9	0,001047										
	Lote 10	0,001047										
	Lote 11	0,001047										
	Lote 12	0,001047										
	Lote 13	0,000997										
	Lote 14	0,001047										
	Lote 15	0,000997										
	Lote 16	0,001047										
	Lote 17	0,001047										
	Lote 18	0,001047										
	Lote 19	0,001047										
	Lote 20	0,001047										
	Lote 21	0,000997										
Lote 22	0,001047											
Lote 23	0,000997											
Lote 24	0,001065											
b	1	0,056475	0,088	71,00	972,50	957,00	971,90	956,40	21,83%	162,46	300,00	4,959
	a	0,019585										
	Lote 25	0,001065										
	Lote 26	0,000997										
	Lote 27	0,001016										
	Lote 28	0,000997										
	Lote 29	0,000953										
	Lote 30	0,000997										
	Lote 31	0,000953										
	Lote 32	0,000997										
	Lote 33	0,000953										
	Lote 34	0,000997										
	Lote 36	0,000997										
Lote 37	0,001047											
c	Lote 5	0,001071	0,016	74,05	981,00	968,50	980,40	967,90	16,88%	90,30	300,00	2,774
	Lote 6	0,001071										
	Lote 7	0,000997										
	Lote 93	0,001065										
	Lote 94	0,000997										
	Lote 95	0,000997										
	Lote 96	0,000997										
	Lote 97	0,000997										
	Lote 98	0,000997										
	Lote 99	0,000997										
	Lote 100	0,000997										
	Lote 101	0,000997										
	Lote 102	0,000997										
Lote 103	0,000997											
Lote 104	0,000997											
Lote 105	0,000997											
d	c	0,016166	0,021	43,07	968,50	968,00	967,90	967,40	1,16%	165,18	300,00	1,158
	Lote 88	0,000997										
	Lote 89	0,000997										
	Lote 90	0,000997										
	Lote 91	0,000997										
Lote 92	0,001065											

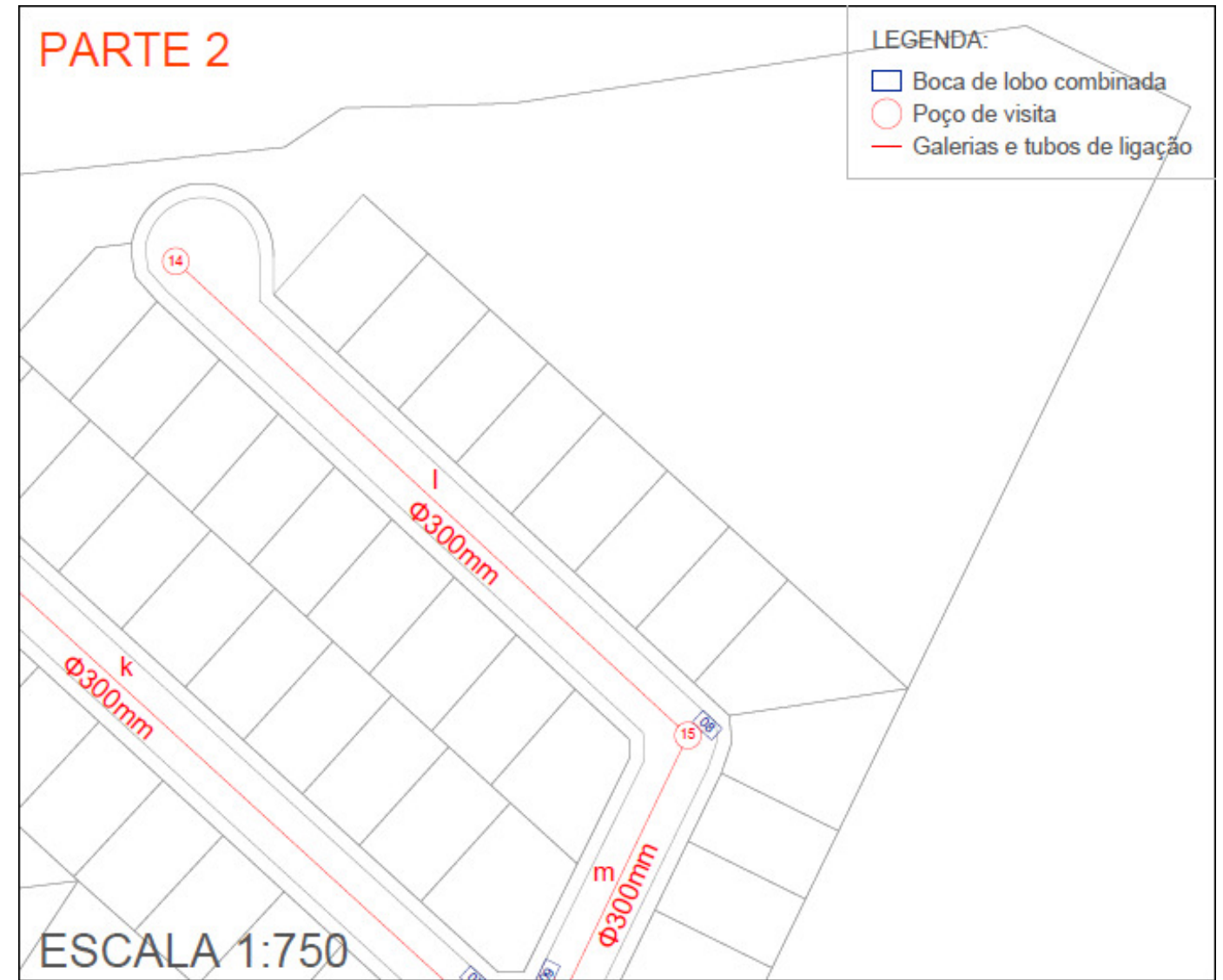
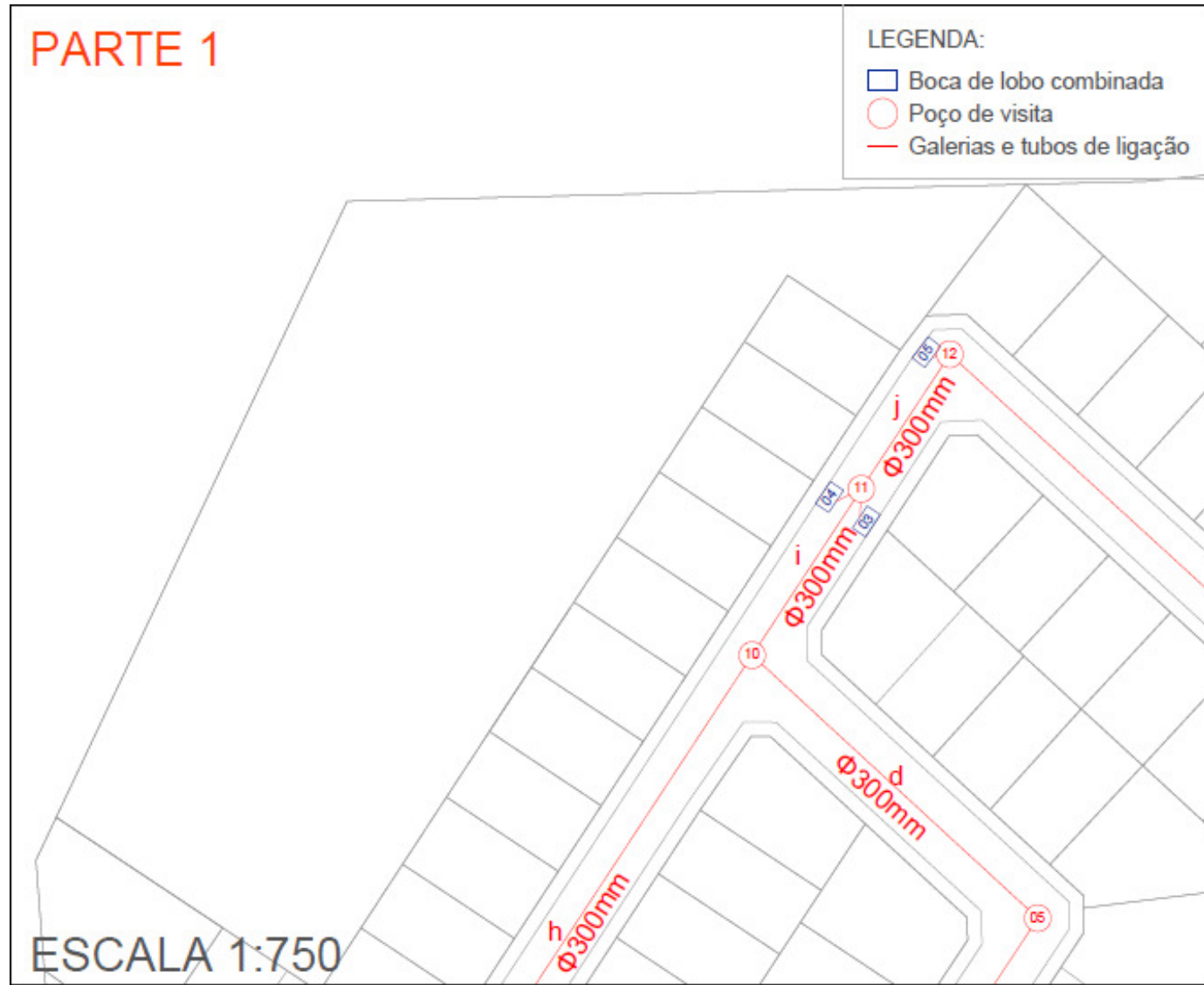
Identificação das galerias	Contribuição tubos de ligação das bocas de lobos e dos reservatórios de contenção de cheias		Galerias									
			Vazão total trecho (m³/s)	Distância do trecho (m)	Cota terreno (m)		Cota geratriz superior (m)		Inclinação da galeria	Diâmetro calculado para galeria (mm)	Diâmetro comercial adotado para galeria (mm)	Velocidade no trecho para diâmetro adotado (m/s)
					Montante	Jusante	Montante	Jusante				
Identificação	Vazão (m³/s)											
e	Lote 1	0,000997	0,008	38,52	983,00	982,50	982,40	981,90	1,30%	113,02	300,00	0,913
	Lote 2	0,000965										
	Lote 126	0,000997										
	Lote 127	0,001007										
	Lote 128	0,001047										
	Lote 129	0,001047										
	Lote 130	0,001047										
Lote 131	0,001047											
f	e	0,008156	0,009	14,84	982,50	982,00	981,90	981,40	3,37%	98,69	300,00	1,325
	Lote 125	0,000997										
g	Lote 117	0,000997	0,006	34,30	982,50	982,00	981,90	981,40	1,46%	98,87	300,00	0,876
	Lote 118	0,000997										
	Lote 119	0,000997										
	Lote 120	0,001065										
	Lote 121	0,000997										
	Lote 122	0,000997										
h	f	0,009153	0,029	78,45	982,00	970,50	981,40	969,90	14,66%	115,66	300,00	3,141
	g	0,006050										
	Lote 87	0,000997										
	Lote 106	0,000989										
	Lote 107	0,000997										
	Lote 108	0,000997										
	Lote 109	0,000997										
	Lote 110	0,000997										
	Lote 111	0,000997										
	Lote 112	0,000997										
	Lote 113	0,000997										
	Lote 114	0,000997										
	Lote 115	0,000997										
	Lote 116	0,000997										
Lote 123	0,000997											
Lote 124	0,000997											
i	d	0,021219	0,053	21,54	970,50	965,50	967,40	964,90	11,61%	151,59	300,00	3,430
	h	0,029151										
	Lote 84	0,000997										
	Lote 85	0,000997										
	Lote 86	0,000997										
j	3	0,059749	0,136	17,25	963,40	960,70	962,80	960,10	15,65%	203,56	300,00	4,968
	4	0,020911										
	i	0,053361										
	Lote 82	0,000997										
	Lote 83	0,000997										

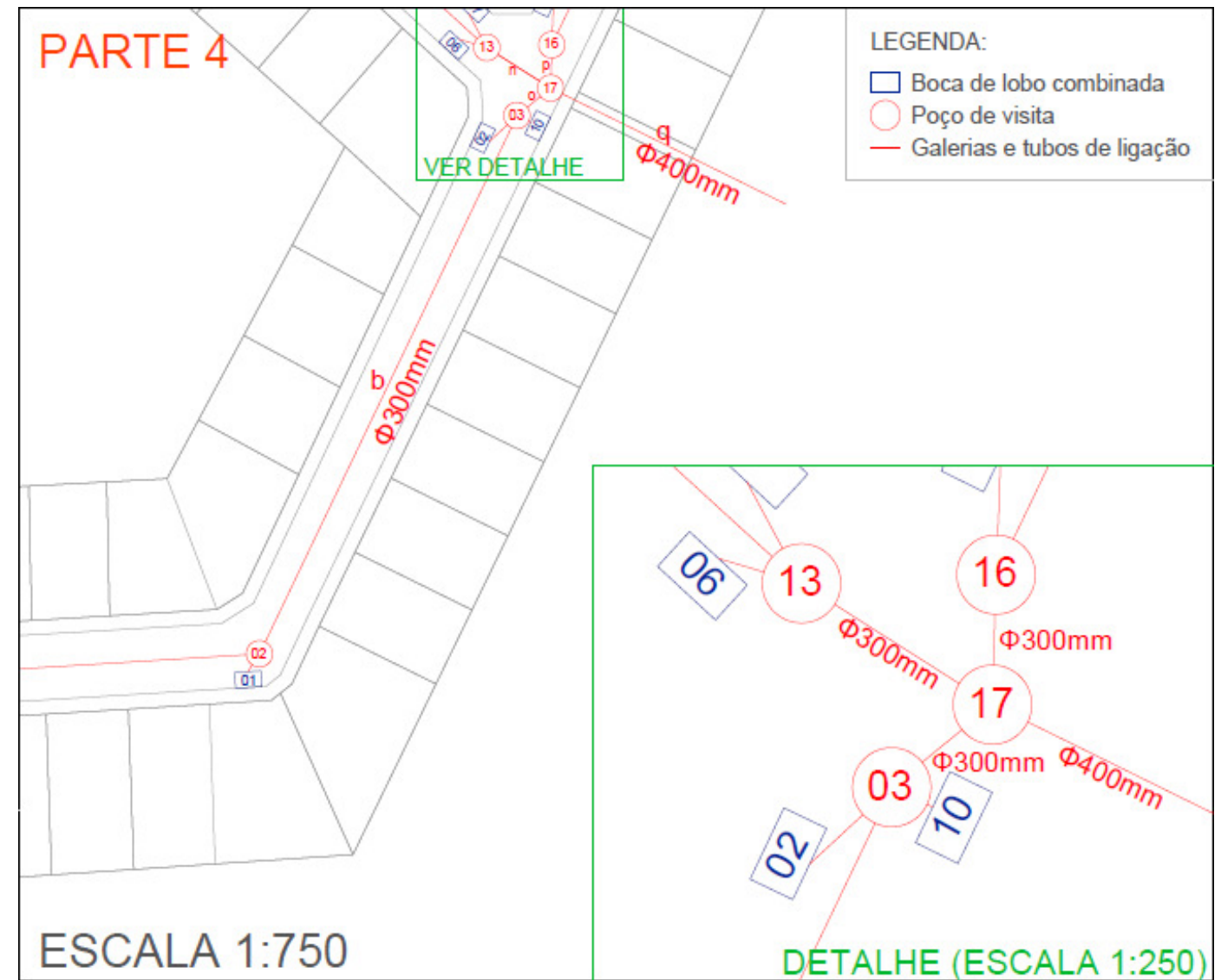
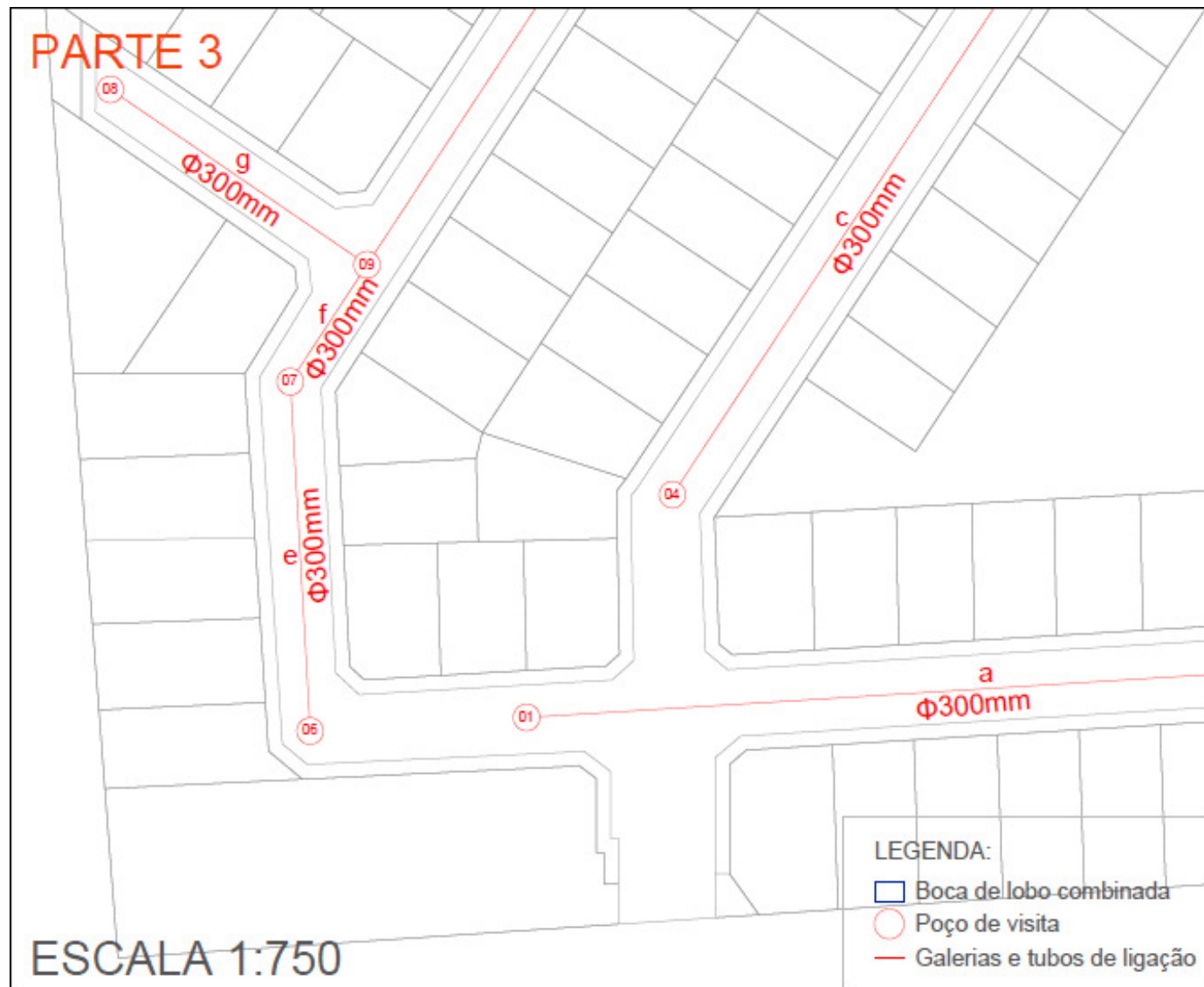




d) Projeto simplificado







## e) Orçamento com os custos totais do sistema

CÓDIGO	SERVIÇO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO	QUANTITATIVO	CUSTO TOTAL
<b>01</b>	<b>MOVIMENTO DE TERRA</b>				
<i>01.01</i>	<i>ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA</i>				
01.01.01	Profundidade 0 m < h <= 2 m	m <sup>3</sup>	R\$ 6,51	599,36	R\$ 3.901,86
01.01.02	Profundidade 0 m < h <= 4 m	m <sup>3</sup>	R\$ 7,03	282,37	R\$ 1.985,08
01.01.03	Profundidade 0 m < h <= 6 m	m <sup>3</sup>	R\$ 7,71	0,00	R\$ -
01.01.04	Profundidade 0 m < h <= 8 m	m <sup>3</sup>	R\$ 8,32	0,00	R\$ -
<i>01.02</i>	<i>ATERRO/REATERRO EM VALAS E CAVAS</i>				
01.02.01	Mecânico	m <sup>3</sup>	R\$ 0,87	881,74	R\$ 767,11
<i>01.03</i>	<i>COMPACTAÇÃO EM VALAS</i>				
01.03.01	Mecânico	m <sup>3</sup>	R\$ 2,78	881,74	R\$ 2.451,23
<i>01.04</i>	<i>CARGA E DESCARGA DE SOLOS</i>				
01.04.01	Qualquer tipo de solo exceto rocha	m <sup>3</sup>	R\$ 1,36	881,74	R\$ 1.199,16
<i>01.05</i>	<i>TRANSPORTE DE SOLOS</i>				
01.05.01	Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m <sup>3</sup> x 10km	R\$ 5,90	881,74	R\$ 5.202,25
<i>CUSTO ETAPA</i>					<i>R\$ 15.506,68</i>
<b>02</b>	<b>DRENAGEM</b>				
<i>02.01</i>	<i>GALERIAS</i>				
02.01.01	Galeria em tubo cerâmico DN 100	m	R\$ 15,20	917,37	R\$ 13.944,09
02.01.02	Galeria em tubo de concreto simples DN 300	m	R\$ 28,90	780,36	R\$ 22.552,48
02.01.03	Galeria em tubo de concreto simples DN 400	m	R\$ 37,43	30,07	R\$ 1.125,65
02.01.04	Galeria em tubo de concreto simples DN 500	m	R\$ 53,67	0,00	R\$ -
<i>02.02</i>	<i>POÇO DE VISITA TIPO A - DN 800</i>				
02.02.01	Com profundidade até 1,00 m	ud	R\$ 583,69	17,00	R\$ 9.922,73
02.02.02	Acréscimo para profundidade superior a 1,00 m	m	R\$ 205,75	9,90	R\$ 2.036,92
<i>02.03</i>	<i>CAIXA DE CAPTAÇÃO</i>				
02.03.01	Caixa de captação p/prof. até 1,00 m	ud	R\$ 323,30	10,00	R\$ 3.233,00
02.03.02	Acréscimo p/ profundidade superior a 1,00 m	m	R\$ 197,89	0,00	R\$ -
<i>CUSTO ETAPA</i>					<i>R\$ 52.814,87</i>
<b>03</b>	<b>RESERVATÓRIOS EM CONCRETO</b>				
<i>03.01</i>	<i>FORMA PARA LAJE</i>				
03.01.01	Chapa resinada e= 12 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 35,21	385,14	R\$ 13.560,78
<i>03.02</i>	<i>FORMA PARA PAREDE</i>				
03.02.01	Plana em chapa resinada e= 12 mm (considerando 12 reaproveitamentos)	m <sup>2</sup>	R\$ 50,82	165,20	R\$ 8.395,36
<i>03.03</i>	<i>ARMADURA</i>				
03.03.01	Em aço CA-50	kg	R\$ 5,78	6371,71	R\$ 36.828,48
<i>03.04</i>	<i>CONCRETO USINADO</i>				
03.04.01	fck = 15,0 MPa - slump 5	m <sup>3</sup>	R\$ 245,77	183,88	R\$ 45.193,34
<i>03.05</i>	<i>BOMBEAMENTO DE CONCRETO</i>				
03.05.01	Bombeamento de concreto usinado	m <sup>3</sup>	R\$ 30,00	183,88	R\$ 5.516,54
<i>03.06</i>	<i>ESCAVAÇÃO MANUAL, NÃO EM VALAS, EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA</i>				
03.06.01	Profundidade 0 m < h <= 1 m	m <sup>3</sup>	R\$ 20,10	827,42	R\$ 16.631,19
<i>03.07</i>	<i>CARGA E DESCARGA DE SOLOS</i>				
03.07.01	Qualquer tipo de solo exceto rocha	m <sup>3</sup>	R\$ 1,36	827,42	R\$ 1.125,29
<i>03.08</i>	<i>TRANSPORTE DE SOLOS</i>				
03.08.01	Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m <sup>3</sup> x 10km	R\$ 5,90	827,42	R\$ 4.881,79
<i>CUSTO ETAPA</i>					<i>R\$ 132.132,77</i>
<b>CUSTO TOTAL</b>					<b>R\$ 200.454,33</b>

## f) Orçamento com apenas os custos para a prefeitura

CÓDIGO	SERVIÇO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO	QUANTITATIVO	CUSTO TOTAL
<b>01</b>	<b>MOVIMENTO DE TERRA</b>				
<i>01.01</i>	<i>ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA</i>				
01.01.01	Profundidade 0 m < h <= 2 m	m³	R\$ 6,51	305,92	R\$ 1.991,57
01.01.02	Profundidade 0 m < h <= 4 m	m³	R\$ 7,03	282,37	R\$ 1.985,08
01.01.03	Profundidade 0 m < h <= 6 m	m³	R\$ 7,71	0,00	R\$ -
01.01.04	Profundidade 0 m < h <= 8 m	m³	R\$ 8,32	0,00	R\$ -
<i>01.02</i>	<i>ATERRO/REATERRO EM VALAS E CAVAS</i>				
01.02.01	Mecânico	m³	R\$ 0,87	588,30	R\$ 511,82
<i>01.03</i>	<i>COMPACTAÇÃO EM VALAS</i>				
01.03.01	Mecânico	m³	R\$ 2,78	588,30	R\$ 1.635,46
<i>01.04</i>	<i>CARGA E DESCARGA DE SOLOS</i>				
01.04.01	Qualquer tipo de solo exceto rocha	m³	R\$ 1,36	588,30	R\$ 800,08
<i>01.05</i>	<i>TRANSPORTE DE SOLOS</i>				
01.05.01	Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m³ x 10km	R\$ 5,90	588,30	R\$ 3.470,95
<i>CUSTO ETAPA</i>					<i>R\$ 10.394,96</i>
<b>02</b>	<b>DRENAGEM</b>				
<i>02.01</i>	<i>GALERIAS</i>				
02.01.01	Galeria em tubo cerâmico DN 100	m	R\$ 15,20	0,00	R\$ -
02.01.02	Galeria em tubo de concreto simples DN 300	m	R\$ 28,90	780,36	R\$ 22.552,48
02.01.03	Galeria em tubo de concreto simples DN 400	m	R\$ 37,43	30,07	R\$ 1.125,65
02.01.04	Galeria em tubo de concreto simples DN 500	m	R\$ 53,67	0,00	R\$ -
<i>02.02</i>	<i>POÇO DE VISITA TIPO A - DN 800</i>				
02.02.01	Com profundidade até 1,00 m	ud	R\$ 583,69	17,00	R\$ 9.922,73
02.02.02	Acréscimo para profundidade superior a 1,00 m	m	R\$ 205,75	9,90	R\$ 2.036,92
<i>02.03</i>	<i>CAIXA DE CAPTAÇÃO</i>				
02.03.01	Caixa de captação p/prof. até 1,00 m	ud	R\$ 323,30	10,00	R\$ 3.233,00
02.03.02	Acréscimo p/ profundidade superior a 1,00 m	m	R\$ 197,89	0,00	R\$ -
<i>CUSTO ETAPA</i>					<i>R\$ 38.870,78</i>
<b>03</b>	<b>RESERVATÓRIOS EM CONCRETO</b>				
<i>03.01</i>	<i>FORMA PARA LAJE</i>				
03.01.01	Chapa resinada e= 12 mm	m²	R\$ 35,21	0,00	R\$ -
<i>03.02</i>	<i>FORMA PARA PAREDE</i>				
03.02.01	Plana em chapa resinada e= 12 mm (considerando 12 reaproveitamentos)	m²	R\$ 50,82	0,00	R\$ -
<i>03.03</i>	<i>ARMADURA</i>				
03.03.01	Em aço CA-50	kg	R\$ 5,78	0,00	R\$ -
<i>03.04</i>	<i>CONCRETO USINADO</i>				
03.04.01	fck = 15,0 MPa - slump 5	m³	R\$ 245,77	0,00	R\$ -
<i>03.05</i>	<i>BOMBEAMENTO DE CONCRETO</i>				
03.05.01	Bombeamento de concreto usinado	m³	R\$ 30,00	0,00	R\$ -
<i>03.06</i>	<i>ESCAVAÇÃO MANUAL, NÃO EM VALAS, EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA</i>				
03.06.01	Profundidade 0 m < h <= 1 m	m³	R\$ 20,10	0,00	R\$ -
<i>03.07</i>	<i>CARGA E DESCARGA DE SOLOS</i>				
03.07.01	Qualquer tipo de solo exceto rocha	m³	R\$ 1,36	0,00	R\$ -
<i>03.08</i>	<i>TRANSPORTE DE SOLOS</i>				
03.08.01	Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m³ x 10km	R\$ 5,90	0,00	R\$ -
<i>CUSTO ETAPA</i>					<i>R\$ -</i>
<b>CUSTO TOTAL</b>					<b>R\$ 49.265,74</b>