



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DOM BOSCO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FÁBIO SANTOS MARTINS

**RESERVATÓRIO PARA CONTENÇÃO DE CHEIAS NO MERCADO CENTRAL E
CANAL DO PORTINHO EM SÃO LUÍS-MA**

São Luís

2020

FÁBIO SANTOS MARTINS

**RESERVATÓRIO PARA CONTENÇÃO DE CHEIAS NO MERCADO CENTRAL E
CANAL DO PORTINHO EM SÃO LUÍS-MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, em cumprimento à exigência para conclusão de curso de graduação e obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Rafael Carlos Walachinski.

São Luís

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Centro Universitário - UNDB / Biblioteca

Martins, Fábio Santos

Reservatório para contenção de cheias no Mercado Central e Canal do Portinho em São Luís-MA. / Fábio Santos Martins. — São Luís, 2020.

83f.

Orientador: Prof. Esp. Rafael Carlos Walachinski.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB, 2020.

1. Reservatório de águas pluviais. 2. Projeto. 3. Sistema de macrodrenagem urbana. I. Título.

CDU 628.132(812.1)

FÁBIO SANTOS MARTINS

**RESERVATÓRIO PARA CONTENÇÃO DE CHEIAS NO MERCADO CENTRAL E
CANAL DO PORTINHO EM SÃO LUÍS-MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, em cumprimento à exigência para conclusão de curso de graduação e obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 09 /12 /2020

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Rafael Carlos Walachinski (Orientador)
Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB

Prof. Drº. Claudemir Gomes de Santana (1º Examinador)
Centro Universitário Unidde de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB

Prof. Esp. Thiago Coelho Ferreira (2º Examinador)
Centro Universitário Unidde de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB

AGRADECIMENTOS

Agradeço, principalmente, a Deus, “Porque dEle e por Ele, para Ele são todas as coisas; glória, pois a Ele eternamente. Amém. Romanos 11:36”, pelas oportunidades que me foi concedidas ao longo da minha carreira acadêmica e profissional.

Agradeço a meus pais José Conceição Silva Martins e Maria Gorete dos Santos, que foram meus principais mentores e exemplo de perseverança, compreensão e comprometimento, e por terem-me ensinado o caminho correto que devo andar para alcançar todos os objetivos.

Agradeço a minha esposa Charlise Cristina Costa Martins por acompanhar de perto toda uma trajetória de luta e esforço para que tudo desse certo, “ela é uma das insetivadora da minha carreira”, chorou com minhas tristezas e sorriu com minhas alegrias, louvou a Deus pela vida dela e todos da minha família e envolvidos esse sonho.

Queria agradecer em especial minha avó Anotonia Oliveira dos Santos, que sempre me dizia “Sempre sonhei em ter um neto formado”, mas infelizmente não conseguiu ver seu neto formado e veio a falecer esse ano, vó quero lhe dizer, aonde quer que a senhora esteja, dedico todo esse sonho, toda essa alegria a você “minha veia”.

Gostaria de agradecer ao meu orientador: Rafael Carlos Walachinski, coordenador: Thiago Ferreira, professores: Renata Muller, Rogerio Belfort, Claudemir Santana, Murilo Reis, Ricardo Aguado e Ricardo Corsini, por toda experiência compartilhada dentro da sala de aula laboratórios e visita técnica, agradeço a todos pelos ensinamentos.

Agradeço também a UNDB que me recebeu de portas abertas, cheguei no meio do período por transferência externa, e sempre tive total apoio e compreensão por parte da instituição.

“Não há um único centímetro quadrado, em todos os domínios de nossa existência, sobre os quais Cristo, que é soberano sobre tudo, não clame: É meu!”

(Abraham Kuyper)

RESUMO

As inundações e o transbordamento de água sobre um território seco, sempre fizeram parte da nossa vida na terra. “Quase todas as civilizações tem uma história sobre um grande dilúvio, desde os tempos antigos, os povos erguem suas cidades às margens de rios, porque usam a água para beber e para irrigar suas plantações”. Por essa razão, as cheias e rios afetam número de pessoas, em alguns lugares, as pessoas ergueram barragens ou represas para proteger terras contras as enchentes de rios e para criar reservas para os períodos mais secos, depois de muita chuva o solo fica encharcado e perde a capacidade de absorver toda a água que cai sobre ele, essa água escorre então para os lugares mais baixos, indo parar em rios e riachos, e conseqüentemente enchendo cidades, fazendo vitimas e deixando milhares de pessoas sem moradias e pertences. Os bairros de São Luís sofrem com as fortes chuvas, o nível do rio bacanga um dos principais rios do estado do Maranhão, chega a subir quase cinco metros do nível normal, ocasionando cheias no Mercado Central. A implantação de estruturas de piscinões para drenagem e deságua de água das chuvas, seria suficiente para a contenção de águas pluvias no Mercado Central e Canal do Portinho em São Luís-MA.

Palavras-chave: Reservatório. Drenagem urbana. Sistema de macrodrenagem. Planejamento Urbano. Bacia hidrografica

ABSTRACT

Floods and the overflow of water on dry land have always been part of our life on earth. "Almost every civilization has a story about a great flood, since ancient times, people have built their cities on the banks of rivers, because they use water to drink and to irrigate their crops". For this reason, floods and rivers affect numbers of people, in some places, people have built dams or dams to protect lands against river floods and to create reserves for the driest periods, after much rain the soil is soaked and it loses the ability to absorb all the water that falls on it, that water then flows to the lowest places, ending up in rivers and streams, and consequently filling cities, making victims and leaving thousands of people without homes and belongings. The neighborhoods of São Luís suffer from heavy rains, the level of the Bacanga River, one of the main rivers in the state of Maranhão, rises almost five meters from the normal level, causing floods in the Central Market. The implementation of swimming pool structures for draining and draining rainwater would be sufficient for the containment of rainwater in the Central Market and Canal do Portinho in São Luís-MA.

Keywords: Reservoir. Urban drainage. Macro-drainage system. Urban planning. Hydrographic basin

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagens do Mercado Central em São Luís-MA, problemas de cheias por falta de drenagem no local.....	19
Figura 2 - Papel hidrológico da bacia hidrográfica	20
Figura 3 - Divisores de águas	21
Figura 4 - Sistema de reservatório de contenção de cheias	25
Figura 5 - Componentes do sistema clássico de drenagem	30
Figura 6 - Exemplos de sistemas alternativos de drenagem: Microrreservatório de retenção e telhado verde.....	31
Figura 7 - Exemplo do MDE	33
Figura 8 - Medidas para controle de inundações	37
Figura 9 - Hidrograma de pré e pós-ocupação	38
Figura 10 - Hidrograma trapezoidal descrito pelo Método Racional Modificado	42
Figura 11 - Hidrograma triangular descrito pelo Método Racional Modificado.....	43
Figura 12 - Planta Baixa de localização	45
Figura 13 - Local de estudo Mercado Central	47
Figura 14 - Local de estudo Canal do Portinho	47
Figura 15 - Planta baixa da bacia de contribuição.....	52
Figura 16 - Planta do reservatório de contenção de cheias.....	55
Figura 17 - Cortes esquemáticos de reservatório de contenção de cheias.....	55
Figura 18 - Curva de nível das coordenadas topográficas do Mercado Central e Canal do Portinh.....	55
Figura 19 - Fotografia do Mercado Central.....	61
Figura 20 - Início do Canal do Portinho	62
Figura 21 - Poluição presente no canal.....	62
Figura 22 - Estreitamento do canal.....	63
Figura 23 - Células de canalização da macrodrenagem	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva da chuva para a área de estudo	49
Gráfico 2 - Vazões no reservatório de contenção de cheias (área de 1000 m ²).....	57
Gráfico 3 - Lâmina de água no reservatório de contenção de cheias (área de 1000 m ²).....	57
Gráfico 4 - Parâmetros de dimensionamento para reservatórios de contenção de cheias	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resultados do projeto de drenagem do Canal do Portinho	53
Quadro 2 - Dados obtidos por meio do GPS	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Período de retorno	22
Tabela 2 - Parâmetros da equação IDF da chuva de São Luís-MA.....	23
Tabela 3 - Classificação das estruturas de descarga.....	39
Tabela 4 - Diâmetro do orifício regulador em função do volume do reservatório.....	65

LISTA DE SIGLAS

CAD	Desenho Assistido por Computador
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNOS	Departamento Nacional de Obras de Saneamento
GO	Goiás
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IDF	Curva ou Equação de Intensidade, Duração e Frequência
MA	Maranhão
MDE	Modelo Digital de Elevação
MNT	Modelo Numérico de Terreno
MR	Método Racional
MRM	Método Racional Modificado
NBR	Norma Brasileira
PDDrU	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PDDU	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
RN	Rio Grande do Norte
SEMOSP	Secretária Municipal de Obras e Serviços Públicos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TR	Tempo de Retorno
UTM	Universal Transversa de Mercator

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Equação da intensidade máxima média de precipitação	23
Equação 2 – Equação vazão máxima	26
Equação 3 – Equação vazão de saída	39
Equação 4 – Equação vazão máxima de pico.....	40
Equação 5 – Formula empírica da vazão	48
Equação 6 – Equação de Kirpich	48
Equação 7 – Formula de manning	49
Equação 8 – Equação da continuidade	49
Equação 9 – Equação para o volume do reservatório	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Considerações iniciais.....	14
1.2	Problema.....	15
1.3	Hipóteses	15
1.4	Objetivos.....	16
1.4.1	Geral	16
1.4.2	Específicos	16
1.5	Justificativa	16
1.6	Síntese metodológica.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Causas e conseqüências das cheias.....	18
2.2	Bacia hidrográfica	20
2.3	Análise da chuva	21
2.4	Fatores relacionados ao reservatório de contenção de cheias	23
2.5	Vazão máxima.....	25
2.6	Drenagem urbana	26
2.6.1	Dimensionamentos da macrodrenagem.....	26
2.6.2	Drenagem das águas pluviais.....	28
2.6.3	Sistemas clássicos de drenagem	29
2.6.4	Sistemas alternativos de drenagem.....	30
2.6.5	Medidas não convencionais.....	31
2.6.6	Dimensionamento hidráulico.....	31
2.6.7	Geoprocessamento e drenagem urbana	32
2.6.8	Legislação relacionada à drenagem urbana	35
2.7	Medidas Estruturais e não estruturais	36
2.7.1	Dimensionamento do reservatório de lote	37
2.7.2	Método racional	40
2.7.3	Método Racional Modificado	41
3	METODOLOGIA.....	44
3.1	Tipo de pesquisa.....	44
3.2	Materiais	44
3.3	Local de estudo.....	44

3.3.1	Caracterização do local.....	44
3.3.3	Vazão do projeto.....	48
3.4	Coleta de dados	50
3.6	Aspectos éticos.....	51
3.5.1	Resultados obtidos no projeto.....	53
3.7.1	Legislação relacionada aos reservatórios de contenção de cheias	65
4	Resultados e discussão.....	52
4.1	Bacia de Contribuição Mercado Central.....	52
4.2	Canalização do Canal do Portinho.....	53
4.3	Composição e funcionamento de reservatórios de contenção de cheias	54
4.4	Simulações pelo Método de Pulz para Determinação Geométricas dos Reservatório.....	56
4.5	Análise do projeto.....	59
4.6	Soluções viáveis para os problemas encontrados.....	65
5	CONCLUSÃO.....	68
	REFERÊNCIAS.....	70
	APÊNDICE A – PLANTA DE LOCALIZAÇÃO MERCADO CENTRAL E CANAL DO PORTINHO	75
	ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA LOCAL DE ESTUDO	75
	ANEXO B – PLANTA DE LOCALIZAÇÃO.....	77
	ANEXO C – PLANTA GERAL.....	77
	ANEXO C – DETALHAMENTO DE PLANTA E PERFIL DO CANAL DO PORTINHO, AV. GUAXENBUBA E RUA ANTONIO RAYOL.....	77
	ANEXO C – PROJETO GEOMETRICO.....	77
	ANEXO C – PROJETO DETALHAMENTO DE BOCA DE LOBO.....	77
	ANEXO C – PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO SEÇÃO TIPO EM TANGENTE..	77
	ANEXO D – PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA: NORMAS PARA PROJETO DE DRENAGEM (SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS PÚBLICAS.	78

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Dentre inúmeros problemas presentes no sistema de saneamento brasileiro, encontra-se a problemática de planejamento e implantações inadequadas de sistemas de drenagem urbana. Em muitas áreas urbanizadas, a população e o meio ambiente são acometidos comumente pela ocorrência de inundações urbanas, as quais promovem prejuízos, sociais, econômicos e ambientais.

O fenômeno da inundação pode ocorrer de forma natural, quando o rio ocupa seu leito maior, afetando assim, as áreas ribeirinhas. Pode ocorrer também devido à urbanização, a qual aumenta a área de terreno impermeável, impossibilitando a infiltração de grande parte do volume de água e aumentando o escoamento superficial, inundando as áreas a jusante do escoamento (TUCCI, 2003).

O aumento da frequência e magnitude das enchentes decorre da impermeabilização, ocupação do solo e a construção de rede de condutos pluviais ineficientes. Outra causa que pode acarretar em obstruções ao escoamento é o desenvolvimento urbano, como na construção de pontes de aterros, podendo produzir também drenagens inadequadas e obstruções a partir de condutos e assoreamento (TUCCI, 2003).

Tais causas citadas podem ser observadas no município de São Luís, capital do Maranhão, onde a problemática que envolve a drenagem urbana é evidente. Para a resolução desses problemas, necessita-se de uma adequada política de saneamento, o qual inclui a drenagem urbana de maneira eficiente, evitando inundações, impactos ambientais e problemas sociais. Então, torna-se essenciais instalações adequadas de drenagem no município de São Luís-MA para que a água pluvial seja escoada e infiltrada na zona urbana e rural de maneira sustentável.

A ocorrência de inundações em uma determinada região é influenciada por fatores físicos característicos da área, como o relevo, o clima, o uso do solo e as áreas impermeáveis, os quais devem ser analisados.

Tanto no Brasil como em diversos países, ao longo de muito tempo, a drenagem urbana das grandes cidades foi tratada de modo secundário, sem a devida atenção, no contexto da divisão do solo para seu específico uso urbano, como afirma Canholi (2005). O aumento das áreas urbanas nessas cidades ocorreu de modo acelerado e, em poucos desses

locais, foi levada em consideração como fator preeminente no planejamento da expansão urbana a abordagem da drenagem urbana. Tal expansão ocorreu a partir das zonas mais baixas, próximas a rios e mares, até às zonas mais altas, o que ocasionou o aumento de áreas impermeabilizadas (CANHOLI, 2005).

O presente trabalho vem tratar acerca do planejamento e projeto de sistema de drenagem urbana que seja adequada à área a ser implantada e que traga benefícios à população, ao comércio e ao meio ambiente.

Para isso, esta pesquisa conta com um estudo de caso do projeto de drenagem do Canal do Portinho, localizado nas redondezas do Mercado Central no centro de São Luís-MA. Além disso, será apresentado a fundamentação teórica por meio de uma revisão da literatura de autores renomados.

1.2 Problema

As inundações e o transbordamento de água sobre um território seco, sempre fizeram parte da nossa vida na terra. “Quase todas as civilizações tem uma história sobre um grande dilúvio, desde os tempos antigos, os povos erguem suas cidades às margens de rios, porque usam a água para beber e para irrigar suas plantações”. Por essa razão, as cheias e rios afetam número de pessoas, em alguns lugares, as pessoas ergueram barragens ou represas para proteger terras contras as enchentes de rios e para criar reservas para os períodos mais secos, depois de muita chuva o solo fica encharcado e perde a capacidade de absorver toda a água que cai sobre ele, essa água escorre então para os lugares mais baixos, indo parar em rios e riachos, e conseqüentemente enchendo cidades, fazendo vitimas e deixando milhares de pessoas sem moradias e pertences.

Os bairros de São Luís sofrem com as fortes chuvas, o nível do Rio Bacanga um dos principais rios do estado do Maranhão, chega a subir quase cinco metros do nível normal, ocasionando cheias no Mercado Central. A implantação de estruturas de piscinões para drenagem e deságua de água das chuvas, seria suficiente para a contenção de águas pluvias no Mercado Central e Canal do Portinho, em São Luís-MA.

1.3 Hipóteses

- O reseqüentor consegue conter as cheias no Mercado Central;
- É possível prever possíveis problemas de enchentes;

- É muito alto o custo de uma construção de reservatório para drenagem.

1.4 Objetivos

1.4.1 Geral

Demonstrar relevância e a necessidade de tomada de decisões eficientes para resolução da problemática que envolve a drenagem urbana no município de São Luís-MA. Reservatórios de contenção vêm sendo cada vez mais utilizados como forma de controle dos excessos de águas pluviais. O objetivo deste estudo de caso é fazer um comparativo com os tipos de reservatórios, visando armazenar temporariamente o volume de escoamento superficial excedente, resultante da redução de capacidade de armazenamento da bacia, devido à impermeabilização das superfícies urbanas.

1.4.2 Específicos

- Estudar a possível aplicabilidade dos reservatórios e seus impactos na macrodrenagem da região;
- Realizar os levantamentos de dados especiais e análise da bacia hidrográfica da região identificada, com o auxílio de equipamentos e softwares especializados;
- Descrever os procedimentos tomados para a realização do projeto do sistema de drenagem, esfatizando os estudos hidrológicos e a macrodrenagem.

1.5 Justificativa

A elaboração do projeto de reservatório para contenção de cheias no Mercado Central, na cidade de São Luís-MA, teve como início a exploração do Mercado Central até o Canal do Portinho, nele foi detectados que as cotas de níveis não atendiam a demanda de quantidade da chuva, sendo assim com execução de teste e exploração do local, constatou-se que se levantássemos as cotas de nível do Mercado Central, no ato da escavação para colocação de tubulação e lançar os tubos obedecendo essas cotas, jogariamos toda água que fica acumulada no Mercado Central e ruas adjacentes para o canal do portinho onde será construído nosso reservatório, nesse reservatório ficaria armazenada toda água, que através de

uma bomba submersa instalada dentro do reservatório, lançaremos essa água para o rio bacanga, desta forma iniciou-se a elaboração do projeto.

1.6 SÍNTESE METODOLÓGICA

Este trabalho é composto por cinco capítulos principais, que foram separados nos temas a seguir:

Capítulo 1: Introdução

No capítulo 1 foi abordada a origem da urbanização e inundações, suas justificativas, além disso, foram propostos os objetivos e suas hipóteses deste trabalho.

Capítulo 2: Referencial teórico

Neste capítulo foi enfatizado a revisão bibliográfica do tema para nos auxiliar no entendimento dos objetivos e nortearmos sobre as possíveis soluções, e tipos de reservatórios.

Capítulo 3: Metodologia

Este capítulo em questão mostra os materiais e métodos utilizados para a análise feita sobre a problemática das inundações em nossa área de estudo que está situada no Mercado Central em São Luís - MA.

Capítulo 4: Resultados e discussão

Neste capítulo são apresentados todos os resultados alcançados no estudo de caso, sendo possível analisar o sistema e propor soluções viáveis para os problemas observados.

Capítulo 5: Conclusão

O capítulo em questão apresenta todas as conclusões tomadas diante, das referências pesquisadas, assim como, dos resultados obtidos e discutidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Causas e consequências das cheias

Segundo Nivaldo Chiossi (2015), afirma que enchentes e inundações ocorrem em praticamente todo o planeta, chegando a ser um fenômeno quase repetitivo em certas regiões, apesar de serem irregulares. No Brasil, as enchentes também ocorrem em praticamente todo o território e até a região nordeste, que apresenta baixos índices pluviométricos, e é considerada a região geográfica mais árida do país, sendo consideravelmente castigada por chuvas e temporais, trazendo como consequências resultados catastróficos, a saber: prejuízos sociais e econômicos elevados. Estes eventos podem ocorrer devido ao comportamento natural dos rios ampliados pelo efeito da ação antrópica na urbanização, pela impermeabilização das superfícies e a canalização dos rios e as cotas de nível desproporcionais que não deixam a água escoar. Sendo assim, muitos projetos são feitos sem êxito, para sanar esse problema de enchentes em São Luís.

Em reportagem do portal G1 Maranhão (2020), constata que as fortes chuvas na região metropolitana de São Luís, causaram alagamentos em vários bairros, com águas arrastando veículos, entrando nas casas, ocasionando perdas para diversas famílias. No Mercado Central, os moradores sofrem com falta de drenagem e enchentes já algum tempo, devido à diferença das cotas de níveis das ruas, assim prejudicando o escoamento das águas da chuva para os bueiros.

Existem, dentro do plano de escoamento pluvial, dois processos que podem possibilitar a produção de inundações e impactos nas áreas urbanas, ocorrendo de maneira isolada ou combinada, conforme sinaliza Tucci (2007a). Esses processos são:

- Inundações de áreas ribeirinhas: gerada a partir de causas naturais, acontecem geralmente no leito maior dos rios.
- Inundações causadas pela urbanização: ocorrem na drenagem urbana por conta, principal, dos efeitos da impermeabilização do solo, obstruções ao escoamento.

Tucci e Genz (1994) explicam que as inundações de áreas ribeirinhas, são decorrentes do momento em que acontece um aumento no escoamento do rio, passando a atingir o leito maior, tendo como principal impacto destas inundações o fato de haverem, em alguns casos, a ocupação destes espaços por populações ribeirinhas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Segundo Canhoi (2005), devido à apropriação comercial e tráfego intenso nas

idades, muita dessas aglomerações receberam a expansão da urbanização, sendo que em algumas dessas cidades, as ampliações de sistemas de drenagem tornaram-se muitas vezes inviáveis e custuosas. Cientes dessa informação, novas medidas que visem solucionar problemas com águas pluviais urbanas, precisam ser estudadas e implementadas, principalmente no que se refere às estruturas de sistema de drenagem.

À proporção que ocorrem os processos de desenvolvimento e urbanização das cidades, destacam-se também o aumento significativo de enchentes (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Esses eventos possuem causas bem definidas, como afirma Tucci (2007a), sendo fatores principais a impermeabilização do solo e as redes de condutos pluviais construídos neste processo de urbanização. A Figura 1 demonstra bem as cheias por falta de drenagem urbana.

Figura 1 - Imagens do Mercado Central em São Luís-MA, problemas de cheias por falta de drenagem no local



Fonte: O próprio autor (2019).

Entende-se que estas inundações constituem um processo previamente esperado em decorrência do próprio ciclo natural das águas, mas que encontram agravantes, ao passo em que o ambiente do leito maior se torna local de habitações humanas.

Vale destacar que essas ações de ocupação territorial são resultados de problemas específicos, como a falta de restrições quanto ao uso dessas áreas para fins de moradia através do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) das cidades além de invasões destas áreas por parte de populações socialmente desfavorecidas.

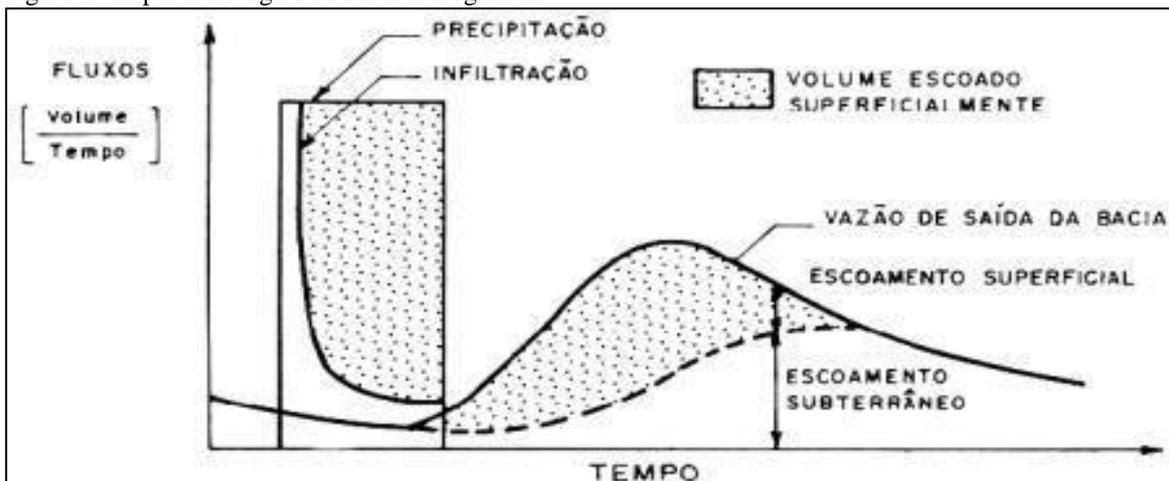
2.2 Bacia hidrográfica

Para tornar o projeto mais relevante, estudamos sobre a bacia hidrográfica do Canal do Portinho, e tivemos alguns autores como referência.

Tucci (2007a) afirma que a bacia hidrográfica pode ser entendida como um sistema físico, cujo volume de água precipitado corresponde à entrada e o volume escoando pelo exutório correspondem à saída, sendo que são considerados como perdas intermediárias os volumes de água transpirados e evaporados, bem como os volumes profundamente infiltrados. Em certos casos que correspondem a eventos isolados, é possível desconsiderar tais perdas e realizar a análise da transformação de chuva em vazão proporcionada pela bacia.

A Figura 2 demonstra bem o papel hidrológico da bacia hidrográfica, onde são representados o hietograma, correspondente a entrada, e o hidrograma, o qual corresponde à saída.

Figura 2 - Papel hidrológico da bacia hidrográfica



Fonte: Tucci (2007).

Os elementos que normalmente definem uma bacia hidrográfica ou curso d'água, uma seção transversal ou ponto desse curso denominado exutório e informações de relevo que em geral são obtidas por meio de um mapatopográfico. A partir dessas informações topográficas torna-se possível identificar os divisores de água, os quais consistem em linhas imaginárias sobre o relevo que separam o escoamento das águas da chuva, sendo traçados analisando a direção do escoamento sobre a superfície, que vai dos pontos mais altos aos mais baixos (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

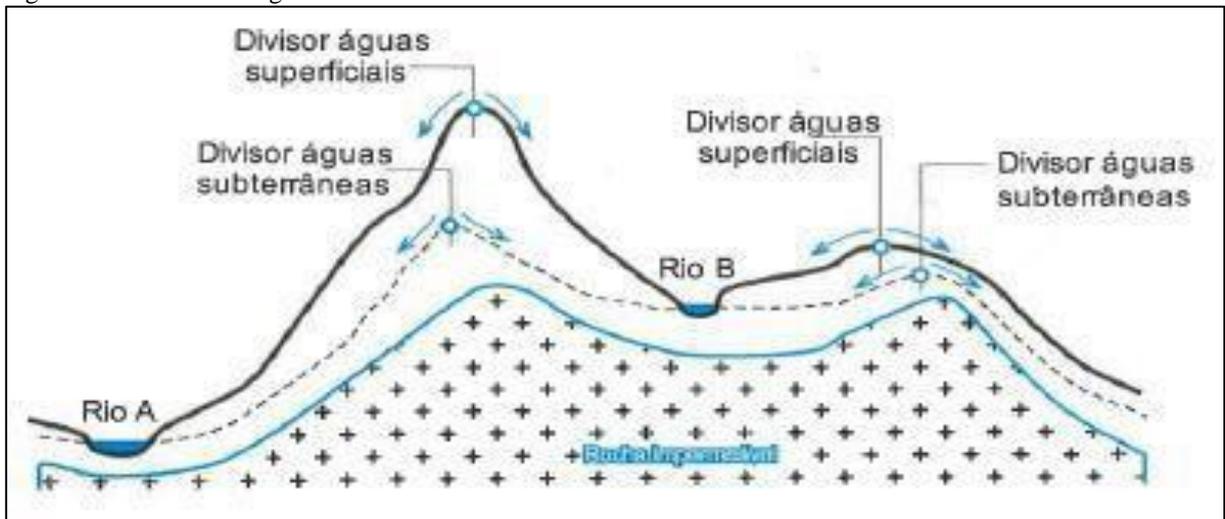
A delimitação de uma bacia hidrográfica é definida pelo traçado dos divisores de água, os quais restringem a área onde serão escoadas as águas pluviais e a separado restante

da área do mapa, o escoamento das águas é conduzido até o exutório, que é o único local em que o divisor cruza o curso da água.

Segundo Collischonn e Dornelles (2013), a bacia hidrográfica pode ser realizada de forma manual, traçando seus limites em mapas de papel, ou de forma automática com a utilização de computadores, e de forma automática, representa-se o relevo digitalmente ou numericamente.

Para esse método de representação automática, podem ser utilizadas técnicas de geoprocessamento tanto para a delimitação da bacia quanto para a análise de suas características e aquisição de dados para fins de estudos hidrológicos, como demonstra a Figura 3.

Figura 3 - Divisores de águas



Fonte: Collischonn e Dornelles (2013).

2.3 Análise da chuva

De acordo com Collischonn e Dornelles (2013), as variáveis que caracterizam a chuva são a sua altura, intensidade, duração e a frequência, altura consiste na espessura média da lâmina d'água que, caso a região atingida fosse impermeável e plana, cobriria toda a área, a intensidade é definida pela altura precipitada dividida pela duração da precipitação, representando ao longo do tempo uma taxa de ocorrência de chuva. A duração refere-se ao tempo o qual ocorre à precipitação, por fim, a frequência consiste na quantidade de ocorrências de ocasiões iguais ou superiores ao da chuva considerada, sendo assim, chuvas muito intensas tem baixa frequência.

Essa relação de ocorrência de eventos com chuvas muito intensas está ligada ao

Tempo de Recorrência ou Tempo de Retorno (TR), o qual configura uma variável fundamental para estudos hidrológicos e a determinação do seu valor deve ser realizada dentro dos parâmetros adequados.

Segundo Tucci (2007a)

Período de retorno é o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em um ano qualquer. Ao decidir-se, portanto, que uma determinada obra será projetada para uma vazão com período de retorno de T anos, automaticamente decide-se o grau de proteção conferido à população ou em outras palavras, o risco a que esta população ainda está sujeita, mesmo depois da construção da obra. Trata-se, portanto, de escolher qual o risco aceitável pela comunidade. Evidentemente este é um critério a ser definido em esferas políticas, uma vez que, pelo menos teoricamente, é própria comunidade e seus representantes que deverão decidir o grau de proteção desejável e o quanto estão dispostos a pagar por ele (TUCCI, 2007a, p. 813).

Na Tabela 1, encontram-se alguns valores que o tempo de retorno pode assumir de acordo com o tipo de obra e da área, essas definições possuem certa concordância no âmbito internacional, como assinala DAEE/CETESB (1980) e Tucci (2007b).

Tabela 1 - Período de retorno

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	T (Anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2 – 5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 – 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 – 100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: Adaptado de DAEE/CETESB (1980).

São consideradas chuvas intensas, aquelas que, segundo Cecílio *et al.* (2009) e Santos, Griebeler e Oliveira (2010), são capazes de causar diversos prejuízos, entre eles, as inundações, tanto em áreas urbanas quanto em áreas agrícolas.

Dessa perspectiva, fundamenta-se a necessidade de realização de estudos que possibilitam a quantificação temporal e espacial dessas chuvas intensas, como explicam Moruzzi e Oliveira (2009) de maneira que seja possível a realização de um dimensionamento de projetos hidráulicos a fim de que se possa aproveitar este recurso e minimizar seus impactos, como afirma Rodrigues *et al.* (2008).

Essa quantificação de chuvas intensas pode ser realizada, de acordo com Damé, Teixeira e Terra (2008), pode-se dizer que a partir do emprego de modelos matemáticos

exatos, que também são conhecidos com curvas de intensidade, duração e frequência, denominadas também como curvas ou equações de intensidade, duração e frequência (IDF).

A partir desse dimensionamento, são realizados os ajustes das equações de forma empírica, que vão de acordo com o ajustamento de parâmetros tirados de dados pluviométricos bem definidos para cada estação e local específico (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

No contexto brasileiro, Denardin e Freitas (1982) e Pfafstetter (1957) afirmam que no desenvolvimento de ajuste de equações IDF, realizando o ajustamento para estações distribuídas em todo o país, consolidando-se em um total de 80. De acordo com os estudos de Campos *et al.* (2015), é possível obter parâmetros para a equação IDF da chuva de São Luís-MA, observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros da equação IDF da chuva de São Luís-MA

Município	Latitude	LongitudE	K	A	B	C	R ²
São Luís	-2,883	-44,350	1205,310	0,163	10	0,742	0,993
São Luís	-2,533	-44,300	1089,680	0,138	10	0,742	0,995

Fonte: Adaptado de Campos *et al.* (2015).

Tais parâmetros definem a intensidade máxima média de precipitação, de acordo com Campos *et al.* (2015), por meio da utilização da equação a seguir:

Equação da Idensidade máxima média de precipitação:

$$I = \frac{(K \cdot Tr)^a}{(t + b)^c} \quad (1)$$

Onde:

- I – idensidade máxima média de precipitação, em mm.h⁻¹ ;
- Tr – período de retorno, em anos;
- t – duração da precipitação, em min;
- K, a, b, c – parâmetros ajustados com base nos dados pluviométricos da localização.

2.4 Fatores relacionados ao reservatório 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 cheias, pelo armazenamento temporário dos volumes escoados.

De acordo com Genz (1994 *apud* AGRA, 2001), 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) 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 m² e 600 m², 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 m³ e 5,015 m³. Para tal, foi utilizado um lote padrão de 300 m², 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 m³, 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.

Figura 4 - Sistema de reservatório de contenção de cheias



Fonte: Adaptado de Grundfos (2020).

2.5 Vazão máxima

A vazão máxima, juntamente ao hidrograma, é de grande necessidade para a contenção e controle de inundações em uma determinada área, bem como para o dimensionamento de obras hidráulicas de drenagem urbana, conforme sinaliza Tucci (2007). Sendo assim, o estudo dessa variável tem importância significativa na qualidade, segurança e economia do projeto de drenagem.

Com o intuito de analisar e desenvolver um projeto de drenagem urbana adequado, é necessário entender alguns conceitos relacionados à vazão máxima. Segundo Tucci (2007):

A vazão máxima de um rio é entendida como sendo o valor associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado. O hidrograma de projeto ou hidrograma tipo é uma sequência temporal de vazões relacionadas a um risco de ocorrências. Esta sequência se caracteriza pelo seu volume, distribuição temporal e valor máximo (pico do hidrograma). A vazão máxima é utilizada na previsão de enchentes e no projeto de obras hidráulicas tais como condutos, canais, bueiros, entre outras. O hidrograma de projeto é necessário quando o volume, a distribuição temporal e o pico são importantes no funcionamento da obra hidráulica, como no caso de reservatórios (TUCCI, 2007, p. 527).

De acordo com Collischon e Dornelles (2013), bacias hidrográficas de pequeno porte, como as que estão localizadas em áreas urbanas, dificilmente possuem dados de vazões e nível de água que podem ser observados. Então, a estimativa de vazões máximas nesse tipo de bacias não pode ser obtido por meio de métodos estatísticos embasados em dados observados, sendo assim, comumente utiliza-se métodos de estimativa de vazões máximas por meio das características locais das chuvas intensas.

O tamanho da bacia, em geral, determina a escolha do método para a estimativa das vazões máximas a partir da chuva. Ainda para Collischon e Dornelles (2013), em bacias muito pequenas pode ser utilizado o chamado método racional. Este método possibilita a estimativa da vazão de pico em função do coeficiente de escoamento da bacia do tempo de concentração, os quais correspondem a característica da bacia. O uso do método racional restringe-se a bacias de pequeno porte o hidrograma de cheia causado por uma chuva intensa.

Segundo Tucci (2007), o método racional é amplamente utilizado para determinar a vazão máxima de projeto para bacias de até 2 km², consideradas pequenas. Tal método é marcado pelos seguintes princípios:

- A duração da precipitação intensa de projeto deve ser considerada igual ao tempo de concentração. A partir dessa consideração, admite-se que a bacia é pequena o suficiente para a ocorrência dessa situação, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;
- Um coeficiente único de perdas é adotado, o qual é denominado C, sendo estimado com base nas características da bacia estudada;
- A distribuição temporal das vazões e o volume da cheia não avaliados.

Proposto por Mulvany (1851), o método racional baseia-se na seguinte equação:

Equação da vazão máxima:

$$Q_{\max} = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2)$$

Onde:

- Q = Vazão máxima (m³/s);
- C = Coeficiente de escoamento superficial;
- I = Intensidade da chuva de projeto (mm/hora);
- A = área da bacia hidrográfica.

2.6 Drenagem urbana

2.6.1 Dimensionamentos da macrodrenagem

De acordo com Canholi (2005), os dados necessários à elaboração do estudo

hidrológicos englobam essencialmente as características geomorfológicas e hidráulicas da bacia hidrográfica, a análise de sua impermeabilização, os tempos de concentração e, ainda, as precipitações ou chuvas de projeto.

Para o desenvolvimento dos projetos de canalização, aponta Canholi (2005), o parâmetro mais importante a ser estudado é a vazão de projeto, a qual corresponde ao pico dos deflúvios associado a uma precipitação crítica, chuvas intensas, atreladas a um risco específico assumido. Sendo assim, picos de vazão menores de precipitações são escoados pelo sistema de drenagem com segurança.

O dimensionamento da canalização projetada, conforme Tucci (2007), deve ser capaz de escoar a denominada vazão de projeto. Os critérios fundamentais para a determinação dessa vazão consistem na ideia de que os cálculos hidrológicos devem considerar a ocupação futura da bacia e o período de retorno é de 100 anos, de acordo com recomendações de grande parte dos estudos.

O dimensionamento hidráulico dos canais corresponde a uma atividade fundamentalmente importante no projeto dos sistemas de macrodrenagem, como afirma Canholi (2005). Ainda de acordo com o autor, para a readequação correta dos sistemas de drenagem, a avaliação da capacidade de vazão das canalizações presentes na área estudada é de considerável importância, de modo que seja realizada a identificação dos pontos de estrangulamentos eventuais, também denominados de gargalos.

Segundo Tucci (2007), a realização do dimensionamento hidráulico da macrodrenagem deve ocorrer, considerando os regimes do escoamento, subdivididos em: regime fluvial e uniforme, regime fluvial gradualmente variado, regime não-permanente. Segundo o mesmo autor:

O primeiro tipo de regime não permite considerar as possíveis influências do nível de água a jusante e os efeitos de singularidade a linha de água. Como esse regime só se estabelece em trechos longos e uniformes, é necessário certificar-se de que essas condições são válidas e que não existem efeitos de remanso, o que é raro em áreas urbanas. Usualmente utiliza-se o regime uniforme na fase de projeto preliminar. [...] O regime gradualmente variado é o mais utilizado, pois permite determinar a linha de água, considerando a presença de singularidades e mudanças de vazão ao longo do trecho, além do remanso causado por condições de contorno a jusante. É fundamental sua utilização em casos de galerias cobertas, pois elevações da linha de água poderão causar afogamento com consequências graves (TUCCI, 2007, p. 838).

O regime não-permanente, sinaliza Tucci (2007), possibilita considerar mudanças das variáveis de interesse no tempo e no espaço. O estudo matemático desse regime é mais complexo. Sendo opção assumida em casos especiais, por exemplo, para levar em conta

efeitos de maré, prever afogamentos de rede de galerias sujeitas a efeitos hidrodinâmicos, considerar operação de comportas.

Para Canholi (2005), um dos aspectos hidráulicos mais necessários na aplicação de medidas que visam modificar a macrodrenagem para uma readequação está relacionado a definição das capacidades de vazão das canalizações existentes. Em relação aos canais, evidencia-se importante do seu dimensionamento, bem como o amortecimento das cheias na calha são relevantes para o estudo hidráulico do sistema de macrodrenagem.

Com o intuito de verificar as capacidades de vazão em canais, que proporcionam escoamento gradual ou bruscamente variados, e definir as linhas d'água, a análise do resalto hidráulico e das curvas de remanso é de grande relevância, ressaltou Canholi (2005). O autor pressegue afirmando que, no campo da drenagem urbana, o escoamento permanente uniforme é comumente considerado no dimensionamento e na verificação da capacidade da vazão dos canais.

2.6.2 Drenagem das águas pluviais

O sistema de drenagem das águas pluviais corresponde a um conjunto de obras, equipamentos e serviços dimensionados para recolher o escoamento superficial das águas da chuva nas áreas urbanas e direcionar seu fluxo para corpos receptores que podem ser rios, lagos, córregos (SOUZA, 2013).

De acordo com Tucci (1995), a drenagem urbana pode ser entendida como um conjunto de medidas que tem o objetivo de minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas (alagamentos, enchentes, contaminação de recursos hídricos) de forma a estimular um desenvolvimento urbano da cidade. Com o objetivo de promover um escoamento controlado e eficiente das águas da chuva, o sistema de drenagem deve ser bem planejado, com medidas de curto, médio e longo prazo, assim como bem projetado, a fim de atender a organização do espaço urbano, promovendo benefícios à sociedade e ao meio ambiente. Quando mal articulado, a ausência de um sistema de drenagem conduz efeitos negativos para o sistema de saúde, a mobilidade urbana, a infraestrutura e economia local, assim como ao ambiente (PHILIPPI, 2005).

As doenças de veiculação hídrica, a destruição e arraste de imóveis, veículos e pessoas, a mobilidade comprometida devido à presença de erosões e ruas intransitáveis, a sobrecarga na rede de água devido a ligações clandestinas, bem como os recursos a serem destinados para recuperação destas áreas, prejuízos tanto para a população quanto ao poder

público são consequências da ausência total ou a existência de galerias subdimensionadas, conforme explica Almeida (2012). De acordo com Guerra (2011), a busca pela eficiência dos sistemas de drenagem torna necessário o uso de dispositivos (bocas de lobo, sarjetas, redes coletoras, bueiros, galerias) que detêm e amortecem a vazão das águas. Na busca por atender a um desenvolvimento sustentável do ambiente urbano foi desenvolvido o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU), o qual tem o objetivo de minimizar os impactos ambientais decorrentes do mal uso do solo e do mal planejamento do sistema de drenagem. Isso é possível quando se consegue satisfazer princípios sociais e econômicos, de modo a melhorar as condições de saneamento e organização do espaço urbano do município (MELO, 2007).

2.6.3 Sistemas clássicos de drenagem

Os sistemas clássicos de drenagem, de acordo com Drumond (2012), são baseados no princípio do higienismo, o qual transfere, para áreas a jusante, as águas da chuva, agravando os problemas de inundações nessas regiões. Estes sistemas são constituídos de dispositivos de microdrenagem, como sarjetas e bocas de lobo e de macrodrenagem, como as estruturas de canais abertos, bueiros e galerias, exemplificados na Figura 7.

Segundo Almeida e Costa (2014) o sistema de microdrenagem deve ser instalado em pontos apropriados, a fim de coletar e transportar as águas pluviais para um ponto de lançamento, geralmente rios e córregos. O dispositivo de macrodrenagem compreende galerias de grande porte cujo objetivo é recolher a água coletada pela microdrenagem. Devido ao sistema clássico de drenagem propor um rápido afastamento das águas pluviais para outras áreas, sobrecarregando-as, tem-se buscado novas metodologias de sistemas de drenagem, os quais são uma alternativa para melhorar a questão socioambiental, reduzindo os prejuízos e as consequências que as inundações trazem.

Figura 5 - Componentes do sistema clássico de drenagem



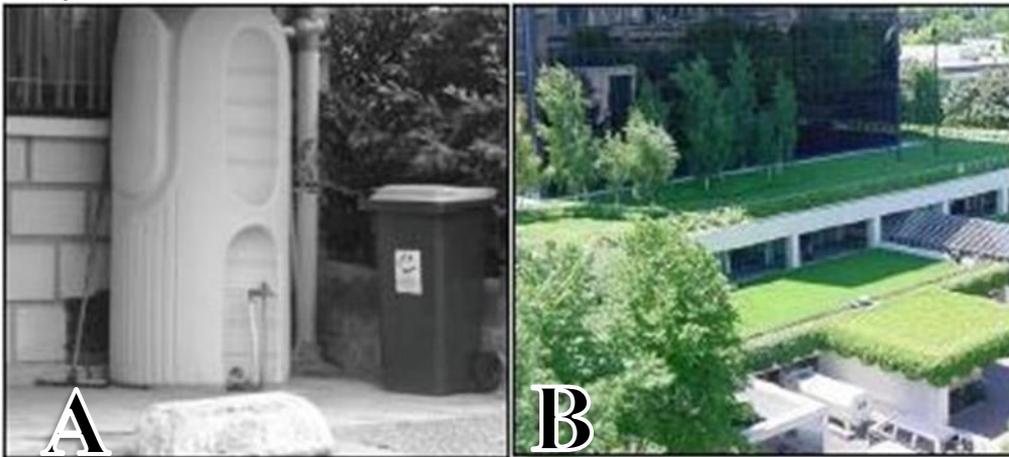
Fonte: Krolow (2010).

2.6.4 Sistemas alternativos de drenagem

Os sistemas alternativos constituem novas metodologias de drenagem. Tal medida foi proposta quando percebeu-se que a transferência de escoamento para áreas a jusante não era solução e servia apenas de deslocamento das áreas inundáveis (TUCCI, 1995). Os sistemas alternativos de drenagem, também conhecidos como medidas compensatórias, são dispositivos que buscam controlar o escoamento superficial, baseado em processos de infiltração e retenção da água, sem, contudo comprometer as áreas circunvizinhas, o ambiente e afetar o bem estar social, conforme exemplifica a Figura 6 A e 6 B.

De acordo com Silva (2016), as medidas compensatórias podem ser divididas em estruturais e não estruturais. As técnicas estruturais correspondem a medidas corretivas que buscam, durante os eventos de precipitação, reduzir a taxa de escoamento, através de obras de engenharia. As ações não estruturais são práticas que visam controlar e auxiliar a população, por meio de conscientização ambiental e sistemas de alerta. Se trata de uma metodologia que tem crescido e se tornado eficiente no controle dos problemas na fonte, reduzindo os custos com as obras de drenagem (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009). Para Canholi (2013), as medidas estruturais podem ser caracterizadas como intensivas e extensivas. As medidas intensivas são aquelas que podem permitir a aceleração do escoamento, através de canalizações, o retardamento do fluxo, diante do uso de reservatórios e bacias de retenção e detenção, o desvio de escoamento, pela utilização de túneis de derivação e as que envolvem ações individuais, as quais tornam as edificações a prova das enchentes. As medidas extensivas são aquelas que referem-se a recomposição da cobertura vegetal e o controle da erosão do solo ao longo da bacia de drenagem.

Figura 6 A e 6 B - Exemplos de sistemas alternativos de drenagem: Microrreservatório de retenção e telhado verde



Fonte: Arboit (2014).

2.6.5 Medidas não convencionais

O processo de medidas não convencionais do sistema de drenagem opera com metodologias de armazenamento e infiltração das águas, aumentando o tempo de concentração da bacia hidrográfica, uma vez que não há o rápido afastamento do escoamento superficial para outras áreas. A reservação consiste numa contenção temporária da água para subsequente liberação (SOUZA, 2013). Para Righetto, Moreira e Sales (2009), o processo de infiltração tem a finalidade de reter o escoamento gerado na bacia com a infiltração no próprio local, diminuindo o impacto do escoamento excedente e da carga de poluentes lançados no corpo receptor. De acordo com Canholi (2013), os dispositivos de infiltração podem ser por métodos dispersivos, o qual a água superficial infiltra no solo e por poços, que possibilita a recarga do nível subterrâneo.

2.6.6 Dimensionamento hidráulico

O dimensionamento hidráulico dos canais corresponde a uma atividade fundamentalmente importante no projeto dos sistemas de macrodrenagem, como afirma Canholi (2005). Ainda de acordo como o autor, par a readequação correta dos sistemas de drenagem, a avaliação da capacidade de vazão das canalizações presente na áreaa estudada é de consideravel importância, de modo que seja realizada a identificação dos pontos de estrangulamento eventuais, também denominados de gargalos.

Segundo Tucci (2007b), a realização do dimensionamento hidráulico da

macrodrenagem deve ocorrer, considerando os regimes do escoamento, subdividida em: regime fluvial e uniforme, regime fluvial gradualmente variado, regime não permanente.

Segundo o autor:

O primeiro tipo de regime não permite considerar as possíveis influências do nível de água a jusante e os efeitos de singularidades sobre a linha de água. Como esse regime só se estabelece em trechos longos e uniformes, é necessário certificar-se de que essas condições são válidas e que não existem efeitos de remanso, o que é raro em áreas urbanas. Usualmente utiliza-se o regime uniforme na fase de projeto preliminar. O regime gradualmente variado é o mais utilizado, pois permite a linha de água, considerando a presença de singularidades e mudanças de vazão ao longo do trecho, além do remanso causado por condições de contorno a jusante. É fundamental sua utilização em casos de galerias cobertas, pois elevações da linha de água poderão causar afogamento com consequências graves (TUCCI, 2007b, p. 838).

O regime não permanente sinaliza Tucci (2007b), possibilita considerar mudanças das variáveis de interesse no tempo e no espaço. O estuo matemático desse regime é mais complexo. Sendo opção assumida em casos especiais, por exemplo, para levar em conta efeitos de maré, prever afogamentos de rede de galerias sujeitas a efeitos hidrodinâmicos, considerar operação de comportas, etc.

Para Canholi (2005), um dos aspectos hidráulicos mais necessários na aplicação de medidas que visam modificar a macrodrenagem para uma readequação está relacionado a definição das capacidades de vazão das canalizações existentes. Em relação aos canais, evidencia-se a importância do seu dimensionamento, bem como o amortecimento das cheias na calha são relevantes para o estudo hidráulico do sistema de drenagem.

Como o intuito de verificar as capacidades de vazão em canais, que proporcionam escoamentos gradual ou bruscamente variados, e definir as linhas d'água, a análise do ressalto hidráulico e das curvas de remanso é de grande relevância, ressalta Canholi (2005). O autor prossegue afirmando que, no campo da drenagem urbana, o escoamento permanente uniforme é comumente considerado no dimensionamento e na verificação da capacidade da vazão dos canais.

2.6.7 Geoprocessamento e drenagem urbana

Para a identificação de áreas potencialmente inundáveis, o uso de técnicas de geoprocessamento mostra-se uma ferramenta poderosa, pois permite o estudo do relevo, hidrografia e visualmente espacial para uma análise mais eficiente. Assim, é possível realizar

a representação digital de uma bacia hidrográfica com o fluxo de tais técnicas.

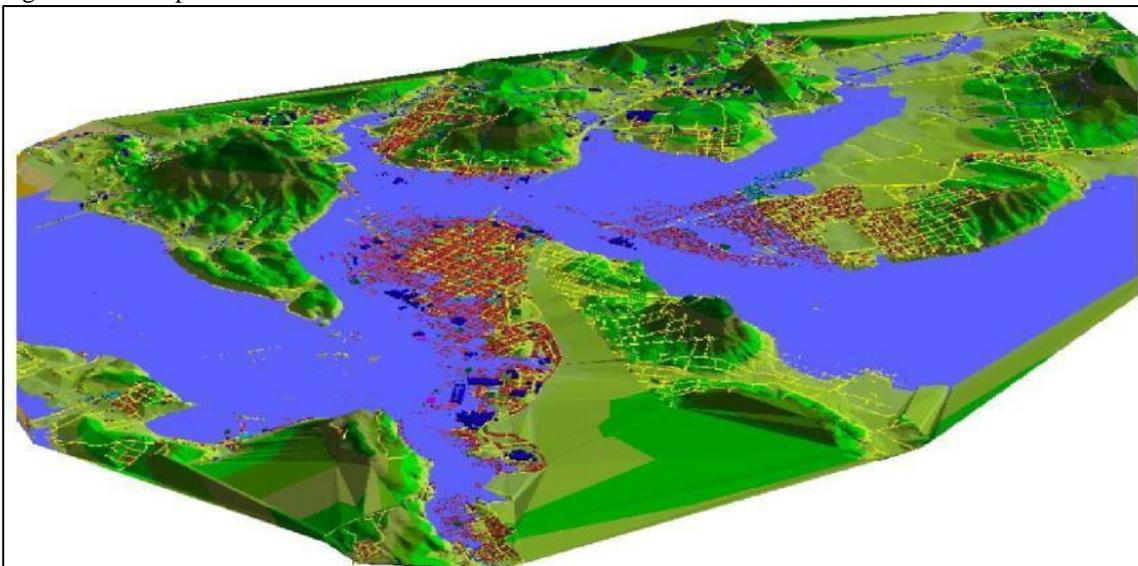
De modo tradicional os estudos hidrológicos eram realizados sempre embasados em mapas topográficos, que permitem a caracterização de bacias hidrográficas, como afirma Collischonn (2008). A partir da década de 1970 a acessibilidade aos computadores permitiu a criação de formas de representação de relevo de maneira digital, facilitando a armazenagem e o processo de dados topográficos de modo mais prático para uma melhor análise hidrológica.

De acordo com Collischonn (2008), a modelagem digital do terreno torna-se uma ferramenta útil para a análise de ocorrência de inundação e o estudo da drenagem de uma região, possibilitando identificação de causas e soluções para a tomada de decisões em um planejamento urbano.

Existem ainda, segundo Collischonn (2008), três formas principais de representação de um relevo de maneira computacional. É possível representar o relevo em um computador utilizando curvas de nível, as quais são representadas por linhas digitalizadas. Tal representação apresenta-se útil para a geração de mapas.

Existe também a forma de representação baseada na utilização de uma matriz ou grade que engloba elementos que contém um valor correspondente à altitude da região. Tal representação, ainda conforme Collischonn (2008), permite o armazenameto de dados topográficos, recebe a denominação de Modelo Digital de Elevação (MDE) e constitui o modo de representação de relevo mais utilizado para extrair informações para estudos hidrológicos muito úteis. As altitudes são transformadas em cores ou níveis de cinza, para melhor visualização. Podendo ser observados na Figura 9.

Figura 7 - Exemplo do MDE



Fonte: Krüger e Dziedzic (2004).

Para a aquisição das imagens a serem processadas para os fins desejados, utiliza-se as informações obtidas por sensoriamento remoto, que constituem imagens digitais as serem manipuladas por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) (CÂMARA; DAVIS, 2001).

Esses Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) surgem como principal tecnologia alidada às pesquisas que envolvem o campo do geoprocessamento, sendo definido por Câmara e Davis (2001) como ferramentas computacionais que possibilitam a realização de análises complexas, ao passo em que integram dados de diversas fontes e possibilitam a criação de dados georreferenciados.

Essas ferramentas computacionais tornam-se muito úteis para integara uma análise hidrológica de uma determonada região, bem como o estudo das variáveis que determinam a ocorrência de enchentes e o vislumbre de soluções para tal problema.

Por meio das imagens de satélite, além do processamento desses dados, torna-se possível visualizar as características de uso do solo em bacias hidrográficas, possibilitando a absorção dessas características de uso de solo como fatores explicativos nos modelos para estimar o escoamento superficial, conforme indicam os estudos de Alcoforado *et al.* (2003). Então, necessita-se classificar a imagem a partir da análise de como os alvos distintos ou materiais refletem a radiação solar (ALCOFORADO *et al.*, 2003),

Conforme Ávila *et al.* (1999 *apud* ALCOFORADO *et al.*, 2003), o uso das imagens de satélites, podendo-se citar o satélite americano LANDSAT TM e o satélite francês SPOT, possibilitou uma evolução tecnológica significativa, abrangendo possibilidades de aplicações hidrológicas do geoprocessamento, os quais podem-se citar:

- Caracterização do uso do microbacias hidrigráficas: os maiores avanços na avaliação do uso da terra foram obtidos por meio dos classificadores de imagens. Tal classificação consiste em delimitar regiões que possuem um comportamento espectral homogêneo. Esse nível de detalhamento possibilita a identificação dos níveis variados de deterioração de pastagens que ocasiona a erosão, afetando diretamente na oferta de água superficial.
- Caracterização da precipitação pluviométrica: a partir de dados da pluviometria de estações de uma determinada região, pode-se interpolar esses valores para a obtenção de um mapa de distribuição espacial da precipitação.
- Mapeamento da rede de drenagem: torna-se possível a delineação automática dos

lagos e rios de uma bacia hidrográfica por meio de modelo numérico de terreno (MNT).

2.6.8 Legislação relacionada à drenagem urbana

De acordo com Tucci (2002), as legislações que envolvem a drenagem urbana estão relacionadas com os recursos hídricos, o uso do solo e o licenciamento ambiental. Com relação aos recursos hídricos, algumas legislações estabelecem critérios para a outorga do uso da água, mas não prescrevem nada para o despejo de efluentes de drenagem. As normas para o disciplinamento do uso do solo é competência concorrente entre os Municípios, o Estado e a Federação, pois é necessário considerar a proteção ambiental, o controle da poluição, a saúde pública e a segurança. Nas ações de licenciamento ambiental é que são estipulados os limites para construção e operação de canais de drenagem, regulamentados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A atuação no planejamento e controle de drenagem urbana ainda é ineficiente em muitos municípios brasileiros, incluindo a capital maranhense detentora do Plano diretor e é regido pela lei nº 4696/2006 que dispõe sobre o plano diretor no município e dá outras providências. Além de obter a lei de número 3.253/92 que é a lei de uso e ocupação do solo de São Luís-MA. Esta lei dispõe sobre a divisão do Município em zonas, define normas de parcelamento e uso do solo do Município, bem como estabelece as intensidades de ocupação, utilização e as atividades adequadas, toleradas e proibidas.

A NBR 15527/07 é a primeira diretriz brasileira que fornece condições e requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas, para utilização em fins não potáveis, onde a água da chuva pode ser utilizada, após tratamento adequado, como por exemplo nas descargas em bacias sanitárias, lavagens de veículos, limpeza de ruas e calçadas, usos industriais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007). O Estatuto das Cidades, Lei Federal nº 10.527/01, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências, como medidas para auxiliar o gerenciamento dos recursos hídricos, introduzindo instrumentos relacionados ao controle na fonte das águas pluviais. Trata de ações a nível de planejamento municipal, como o Plano Diretor, institutos tributários e financeiros, a fim de incentivar a redução dos impactos oriundos da urbanização e institutos jurídicos e políticos que permitem a manutenção das condições naturais em terrenos de áreas urbanas (DRUMOND, 2012).

2.7 Medidas Estruturais e não estruturais

Os ambientes urbanos das cidades mais afetadas por inundações limitam a possibilidade de renaturalização do curso natural dos rios, de modo que as medidas de controle se tornam necessárias visando minimizar o extravasamento das águas para as áreas de risco.

Segundo Tucci (1997), o controle de inundações urbanas é um processo permante que deve ser mantido pelas comunidades, visando a redução do curso social e econômico dos impactos. Os controles de inundações ribeirinhas podem ser realizados de duas maneiras:

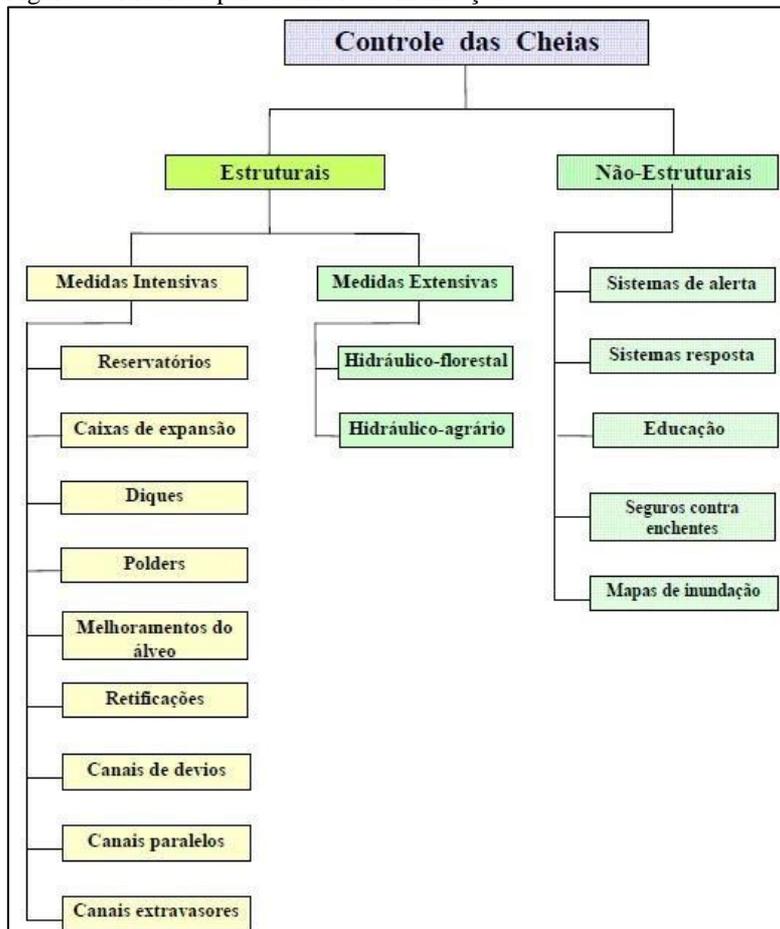
- Através de medidas estruturais (obras hidráulicas para reter, confinar ou escoar mais rapidamente a água das chuvas), como a construção de diques, de bacias de contenção de água e a canalização do escoamento superficial.
- Medidas não estruturais (modelagens, mapeamento, previsão e planejamento).

As medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial evitando os prejuízos decorrentes das enchentes, enquanto que as medidas não estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes (CORDERO *et al.*, 1999). Na figura 10 são apresentadas, de forma sistemática, as diversas medidas de controle.

As medidas não-estruturais caracterizam-se geralmente por ações que abrangem a bacia como um todo, e são destinadas à redução dos efeitos das inundações ou adaptação dos habitantes das áreas atingidas para uma melhor convivência com a ocorrência periódica desses fenômenos. Essas medidas têm caráter predominantemente preventivo, e dispensam a alocação de enormes quantias de recursos para a execução das ações estruturais (OLIVEIRA, 2011).

Segundo Canholi (2005), as medidas adotadas para conter os problemas ocasionados por inundações quase sempre apresentam caráter localizado e imediatista. Os trechos dos canais ampliados reduzem os prejuízos das áreas afetadas; porém, devido à transferência de vazões, as inundações agravam-se para jusante e às planícies utilizadas pelos rios ou córregos nas cheias, suprimidas pelas obras de urbanização, serão sempre requeridas a jusante.

Figura 8 - Medidas para controle de inundações

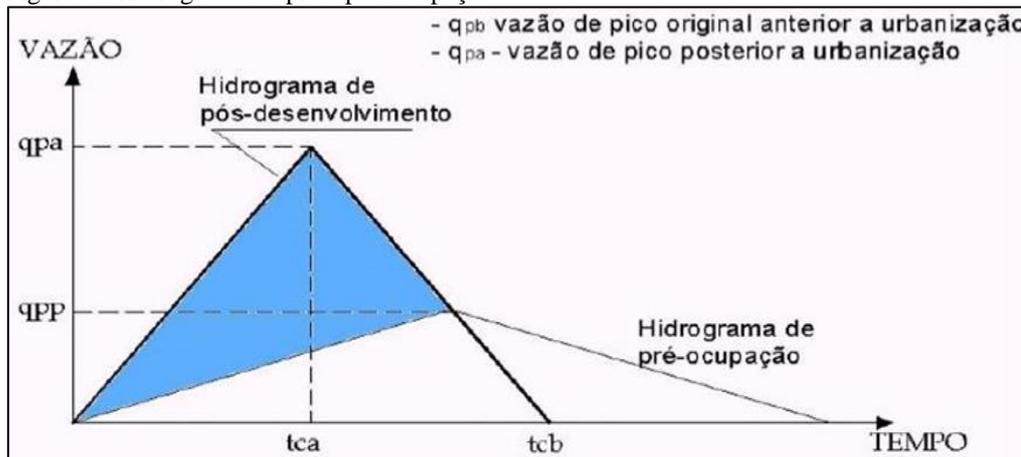


Fonte: Cordero *et al.* (1999).

2.7.1 Dimensionamento do reservatório de lote

A água acumulada no reservatório é aos poucos destinada a rede de drenagem a uma taxa que não ultrapasse a vazão de pré-urbanização, razão pela qual deve-se conhecer o hidrograma anterior a ocupação bem como o hidrograma pós-ocupação, de modo a dimensionar o reservatório de lote para que atenda a diferença entre essas duas situações, correspondendo ao volume a ser armazenado, conforme a área hachurada na Figura 11. O dimensionamento do reservatório, além de depender da vazão de saída assim como do volume necessário a reservação, está limitado as cotas do terreno e da rede pluvial (KIPPER, 2015).

Figura 9 - Hidrograma de pré e pós-ocupação



Fonte: Porto Alegre (2005).

Os reservatórios de lote têm as suas águas direcionadas para uma tubulação de saída que, quando não utilizada para usos não potável, é conectada à rede de drenagem do sistema urbano. O dispositivo apresenta a seção de saída inferior a de entrada, de modo a restringir a vazão do escoamento. No projeto devem ser previstos dispositivos de emergência para o escoamento da água em excesso, na situação de uma chuva superior a de projeto, podendo ser utilizados, por exemplo, vertedores (AGRA, 2001). A NBR 10844/89 fixa exigências e critérios necessários para os projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, tendo como objetivo garantir a funcionalidade dos dispositivos e a segurança dos beneficiados com o sistema (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989). O tempo de retorno (TR) corresponde ao tempo para que um evento de chuva seja igualado ou superado e, de acordo com a NBR 10844/89, está relacionado com as características da área a ser drenada, podendo ser coberturas ou terraços, áreas pavimentadas, dentre outras. Para Zahed Filho, Martins e Porto (2012), o melhor dimensionamento dos reservatórios de retenção é aquele que deve levar em consideração as desapropriações e os impactos gerados na vizinhança assim como os custos com a construção, priorizando esse tipo de sistema como uma medida preventiva ao invés de corretiva. Para a realização do dimensionamento do reservatório de lote é necessário considerar a vazão máxima de saída, de modo que esta não ultrapasse a vazão máxima nas condições naturais, ou seja, na situação de pré-ocupação. É preciso, indicado no Plano Diretor de Drenagem do município, quando existente, identificar a vazão limite a ser lançada na rede público de drenagem, de modo a não sobrecarregar este sistema (DRUMOND, 2012). Para a determinação da vazão máxima de cheia podem ser utilizados os métodos racionais ou o método do hidrograma unitário. Para Lopes (2016), o método racional é adequado para bacias de pequeno porte, já que tem uma

metodologia simples e de melhor adaptação a esse tipo de bacia, o que não ocorre para bacias de médio e grande porte, onde o método do hidrograma unitário é o mais indicado a fim de evitar a superestimação das vazões de pico. A análise dos hidrograma de pré e pós-urbanização é de fundamental importância e são os objetos de estudo dos métodos de McCuen (1989), de Puls (1928) e do Método Direto, uma vez que determinam o volume do reservatório, já que este é influenciado diretamente pela vazão de pico limite do lote (SOUSA, 2017).

O método direto funciona como uma proposta de cálculo alternativa ao método de Puls, uma vez que ele se apresenta com uma metodologia mais simplificada e com resultados suficientemente precisos, de modo a substituir metodologias tradicionais para a determinação da propagação de enchentes em reservatórios (HERNANDEZ, 2007). No projeto do dimensionamento do reservatório, é necessário considerar um dispositivo de descarga capaz de promover a saída da água do reservatório ao sistema da rede de drenagem. Estes dispositivos podem ser bocais, tubos curtos ou orifícios, sendo caracterizados conforme a relação de comprimento (L) e diâmetro (D) do tudo, de acordo com a Tabela 3 (AZEVEDO NETTO, 1998).

Tabela 3 - Classificação das estruturas de descarga.

Classificação	Relação L/D
Orifício	$\leq 1,5$
Bocal	$1,5 < L/D \leq 3,0$
Tubo curto	$> 3,0$

Fonte: Azevedo Netto (1998).

Classificando as estruturas de descarga é possível determinar a vazão de saída da água através destes dispositivos.

Equação da vazão de saída:

$$Q = Cd \cdot Ac \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (3)$$

Onde:

- Q = vazão do orifício (m³/s);
- Cd = coeficiente de descarga adimensional (Cd = Cc.Cv);
- Ac = área do orifício (m²);

- g = aceleração da gravidade (m/s^2);
- H = carga hidráulica, (m).

Azevedo Netto (1998) apresenta tabelas com uma grande variedade de valores para C_d , para cada tipo de estruturas de descarga, entretanto costuma-se considerar na prática o uso do coeficiente de descarga igual a 0,61, influenciado pela carga hidráulica e pela dimensão do orifício.

Drumond, Coelho e Moura (2014) ressaltam que o uso do coeficiente de descarga médio, sem analisar a classificação das tubulações de descarga, podem ocasionar ineficiência no amortecimento do pico de cheia.

Os dispositivos de saída de emergência são importantes porque evitam transbordamentos dos reservatórios, podendo ser vertedouros, tubulações conectadas direto a rede de drenagem. Estes sistemas possibilitam um maior conforto e segurança ao usuário.

2.7.2 Método racional

O método racional foi desenvolvido pelo irlandês Mulvaney em 1851, porém só em 1889 foi utilizado pelo engenheiro Emil Kuichling, que o intitulou de fórmula racional, fazendo com que esta metodologia de cálculo servisse para determinar a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo (TOMAZ, 2002). De acordo com Porto (1995), o método racional é o mais difundido e indicado para vazões de pico em pequenas bacias, cujas áreas de drenagem sejam inferiores a 3 km^2 ou quando o tempo de concentração foi inferior a uma hora, porém há divergência com os demais autores em relação ao tamanho máximo da bacia para o uso do método.

A fórmula geral do método é a descrita na Equação 5:

Vazão máxima de pico:

$$Q = \frac{C.I.A}{3600} \quad (4)$$

Onde:

- Q = vazão máxima de pico (L/s);
- C = coeficiente de escoamento superficial (varia de 0 a 1);
- I = intensidade da precipitação (mm/h);

- A = área da bacia (m^2).

O método racional se baseia no princípio de que toda a bacia contribui com o escoamento superficial, o que torna necessário que a duração da precipitação máxima de projeto seja igual ou exceda o tempo de concentração da bacia. É preciso também considerar uma chuva distribuída uniformemente sobre toda a área da bacia assim como ponderar que as perdas estão incorporadas ao coeficiente de escoamento superficial (LOPES, 2016). Diante das considerações adotadas pelo método, Drumond (2012) critica a hipótese da uniformidade da precipitação durante todo o evento de chuva e da sua distribuição ao longo de toda a bacia como também a consideração de um único coeficiente de escoamento, uma vez que há superestimação da vazão e um aumento de erro à medida que se adotam bacias maiores.

De acordo com a Equação 5, verifica-se que a determinação da vazão máxima de pico é influenciada diretamente pela intensidade de precipitação, pelo coeficiente de escoamento e pela área da bacia. A intensidade de precipitação pode ser obtida a partir da curva IDF da região analisada. É necessário conhecer o tempo de concentração que corresponde ao tempo necessário, a partir do início da precipitação, para que toda a bacia contribua na seção de estudo, fazendo com a água seja levada ao limite de saída da bacia, denominado de exutório (ARBOIT, 2014). O tempo de concentração é característico de cada bacia de drenagem e ele depende de fatores como tamanho e forma da bacia, declividade e condições do solo. Para a sua determinação é preciso conhecer o ponto mais remoto, que corresponde ao ponto em que a bacia de drenagem requer maior tempo para escoar (SILVA, 2016). O coeficiente de escoamento (C) é também conhecido como coeficiente de Runoff ou coeficiente de deflúvio e representa a razão do volume escoado e o volume precipitado em uma determinada superfície, variando de 0,0 a 1,0. Este coeficiente depende de parâmetros como tipo de solo, porosidade do subsolo, vegetação e declividade, podendo ser obtidos conforme o Anexo A (GRIBBIN, 2016). Os dados representativos do Anexo A apresentam valores de C típicos de períodos de retorno variando de 2-10 anos. Nas situações em que o tempo de retorno seja superior a este limite é necessário fazer o uso de fatores multiplicativos conforme indicados por Gribbin (2016) no Anexo B, de modo que o valor ajustado não ultrapasse 1,00.

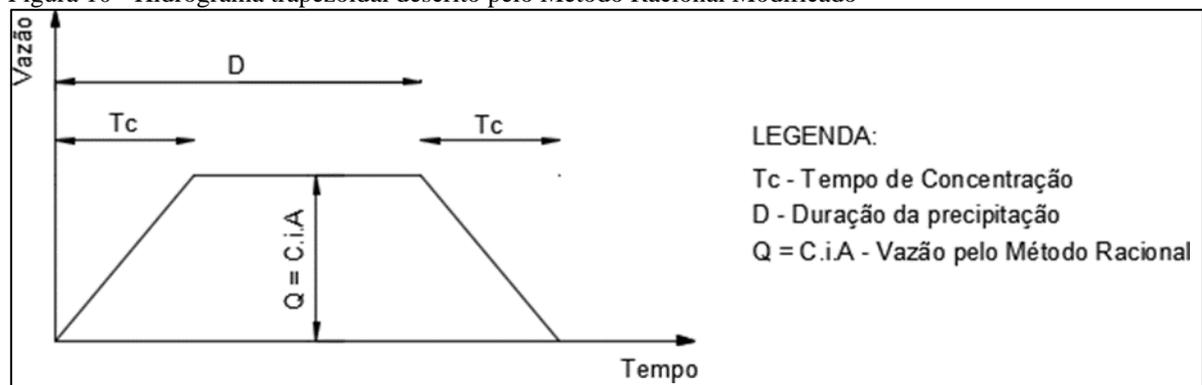
2.7.3 Método Racional Modificado

O Método Racional (MR) fornece a vazão de pico enquanto o Método Racional Modificado (MRM) estima o hidrograma resultante de um evento de chuva. Os hidrogramas

de pré e pósurbanização buscam representar em uma forma gráfica o processo de escoamento e o armazenamento das águas no reservatório, indicado pela diferença entre os hidrogramas (TOMAZ, 2013). O Método Racional Modificado (MRM) dispõe de dois possíveis hidrogramas que podem ser utilizados para os requisitos de escoamento e armazenamento e seu formato é influenciado pela relação entre a duração da chuva e o tempo de concentração (NEW JERSEY STATE SOIL CONSERVATION COMMITTEE, 2014).

O primeiro modelo de hidrograma consiste em um formato trapezoidal (Figura 12) e ele ocorre quando a duração da chuva é superior ao tempo de concentração. O hidrograma tem o pico de vazão determinado pelo Método Racional (MR), limitando sua parte ascendente pelo tempo de concentração e uma duração que corresponde a ascendência e constância do gráfico. A parte descendente também é limitada por igual tempo de concentração.

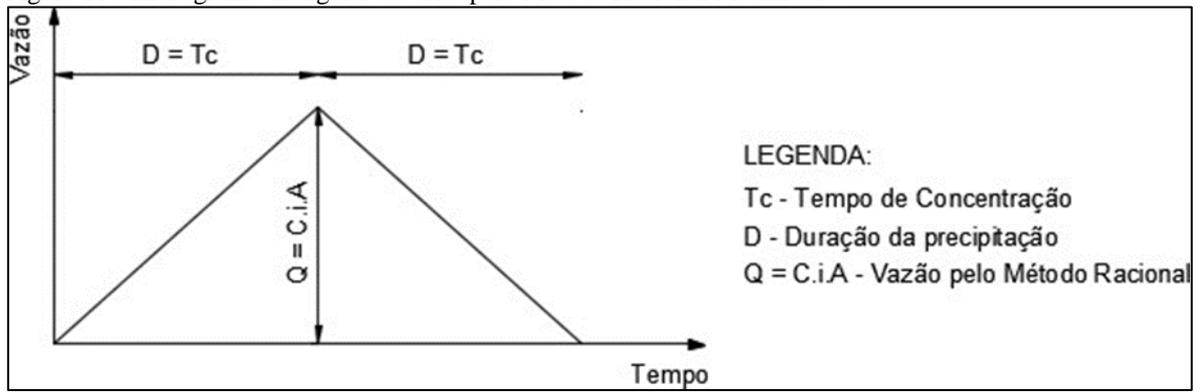
Figura 10 - Hidrograma trapezoidal descrito pelo Método Racional Modificado



Fonte: Adaptado de Tomaz (2013).

O segundo modelo de hidrograma é obtido quando considera que a duração da chuva corresponde a igual tempo de concentração. O ponto máximo do gráfico indica a vazão de pico, obtida pelo Método Racional (MR) e as curvas ascendentes e descendentes são limitadas pelo tempo de concentração, conforme representado na Figura 13.

Figura 11 - Hidrograma triangular descrito pelo Método Racional Modificado.



Fonte: Adaptado de Tomaz (2013).

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa

O presente trabalho foi fundamentado através de análises em pesquisas bibliográficas ligadas a medições pluviométricas e a metodologia de projetos de drenagem urbana, afim de apresentar conceitos, exemplificações e análise acerca da problemática de inundações e do desenvolvimento de um projeto de drenagem urbana, dando ênfase ao estudo de macrodrenagem e reservatórios para contenção de cheias, de modo que os dados obtidos no campo serão comparados com alguns números de referência para uma avaliação mais precisa do sistema de drenagem em São Luís-MA.

Quanto ao método de abordagem, será utilizado o quali-qualitativo, pois este trabalho tem como objetivo analisar os diversos tipos de reservatórios, e ter um parametro de qual seria mais adequado usar em São Luís-MA, visando sanar os problemas de enchentes no Mercado Central.

3.2 Materiais

Os materias utilizados para o desenvolvimento da pesquisa foram à câmara para o registro fotográfico dos dispositivos de macrodrenagem.

Logo, se utilizou softwares, como AutoCAD e o Google Earth para o desenvolvimento gráfico do sistema de macrodrenagem no local de estudo.

Então, com a utilização de pesquisas pluviométricas das chuvas no primeiro período de 2020. Normatizações técnicas e metodologicas científicas de macrodrenagem desenvolvida uma metodologia para dimensionamento de redes de macrodrenagem verificando dados das vazões, velocidade máxima e o diâmetro dos dispositivos de microdrenagem necessários naquela área. Assim, essas informações compõem o detalhamento de um novo projeto básico de macrodrenagem e reservatório de contenção de cheias, para o trecho do Mercado Central e Canal do Portinho.

3.3 Local de estudo

3.3.1 Caracterização do local

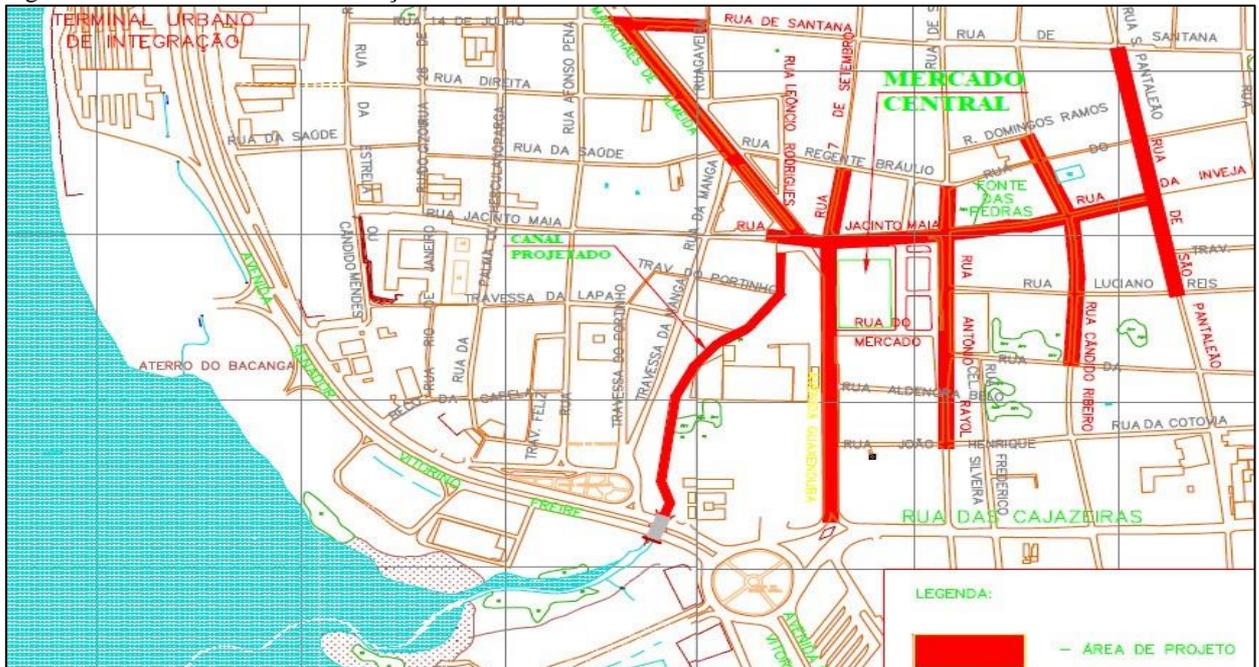
O estudo de caso foi realizado em São Luís, no percurso no Mercado Central até o

Canal do Portinho. A série de problemas que acompanham essas áreas do Mercado Central demandaram as autoridades locais que projetos fossem elaborados tendo em vista, de maneira efetiva, a resolução dos casos de inundações de maneira que se possa garantir à população, melhorias em sua qualidade de vida.

Segundo dados da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos (SEMOSP), uma das causas para esses transtornos configura-se na ineficiência do Canal do Portinho, principal responsável pelo encaminhamento das águas que chegam ao Mercado Central e seguem em direção à jusante na costa marítima (SÃO LUÍS, 2019).

A respeito de sua localização, a SEMOSP aponta que o Mercado Central e o Portinho encontram-se inseridos na área histórica e central da cidade de São Luís, envolvidos pelos bairros Praia Grande, Apicum, Madre Deus e Desterro, em um espaço privilegiadamente próximo à orla marítima (SÃO LUÍS, 2019). A área possui grande tendência ao comércio ao longo de suas vias principais. Como pode ser observada em um recorte da planta de localização, como demonstra a Figura 12.

Figura 12 - Planta Baixa de localização



Fonte: Adaptado de SEMOSP (2017).

Nas proximidades do mercado central, existe uma caracterização densa da área, restando poucos espaços urbanos disponíveis (SÃO LUÍS, 2020). Em contrapartida, no local próximo ao canal, existem variedades de espaços urbanos disponíveis, o que acarreta bastante na propiciação de ocupações irregulares, também é importante destacar que nesta área a existência de um sistema viário composto de avenidas e vias secundárias, tais como as

Avenidas Magalhães de Almeida e Guaxenduba, bem como a Avenida Senador Vitorino Freire.

Inicialmente, a área do Mercado Central estava diretamente ligada ao Portinho, ambiente de onde eram trazidos pescados através de barcos de pesca artesanais e comercializados, sendo substituído pelo Canal do Portinho. O desenvolvimento se deu com a nova abrangência de produtos comercializados, implantação de novas indústrias como fábricas de gelo, etc.

O Canal do Portinho atualmente, segundo a SEMOSP, possui largura variando entre 2,30 a 3,00 metros, com profundidade de aproximadamente 1,50 metros. É mantido a céu aberto e recebe também águas de chuva e esgoto, juntamente com lixos e detritos, líquidos e sólidos que são lançados pela população local. O cobrimento da tubulação deve ser realizado de acordo com a norma brasileira (NBR) 15645/92, que segundo a mesma define cobrimento da tubulação como a diferença de nível entre a superfície do terreno e a geratriz superior externa da tubulação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992a).

A SEMOSP (2019) Destaca ainda que apenas os imóveis situados na Rua da Manga, localizada ao lado direito do canal possui sistema de captação conveniente de esgoto, enquanto que os espaços situados no início do canal e ao lados esquerdo, com frente para a Avenida Guaxenduba não possuem, lançando seus esgotos sem tratamento algum no local.

Entretando, algumas obras de melhorias já foram realizadas no local, como o revestimento como telas de gabiões preenchidas com pedras durante a construção da avenida Senador Vitorino Freire, tendo em vista a possibilidade de transpor as águas de um lado ao outro da avenida (SEMOSP, 2019). Atualmente, este revestimento encontra-se totalmente danificado e em alguns locais, fora substituído por muros mais resistentes para providenciar sustentação à novas construções lindeiras, sugerindo falta de fiscalização, manutenção e abandono. Como mostra as figuras 13 e 14.

Figura 13 - Local de estudo Mercado Central



Fonte: O próprio autor (2020).

Figura 14 - Local de estudo Canal do Portinho



Fonte: O próprio autor (2020).

Desta forma, percebe-se que a ampliação da capacidade do Canal do Portinho, além de atender a demanda atual para escoamento das águas pluviais, está associada aos objetivos de recuperação e restauração da área central da cidade, para a qual estão previstos outros projetos, como afirma a SEMOSP (2020).

3.3.2 Vazão do projeto

Para a determinação das descargas do projeto foi utilizado o Método Racional por se tratar de pequenas bacias, que se resume na fórmula empírica:

Formula empírica da vazão:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{6} \quad (5)$$

Onde:

- Q = Vazão (m³/s)
- C = Coeficiente de deflúvio superficial
- I = Intensidade de precipitação (mm/min)
- A = Área da bacia contribuinte (ha)

Os dados coletados mostram os períodos de recorrência adotados na determinação das descargas foram estabelecidos de acordo com o tipo de obra, ou seja, para as galerias de águas pluviais tubulares adotou-se T= 15 anos e, para as galerias celulares e para o canal foi considerado T = 25 anos.

Segundo a SEMOSP, a determinação da intensidade de precipitação foi realizada a partir do conhecimento da duração da chuva que produzirá o maior pico (SEMOSP, 2017). Esta duração é igual ao tempo de concentração que será calculado utilizando a fórmula do Califórnia Highway And Public Works, denominada também de Equação de Kirpich:

Equação de Kirpich:

$$T_c = 57 \times (L^3 / H)^{0,385} \quad (6)$$

Onde:

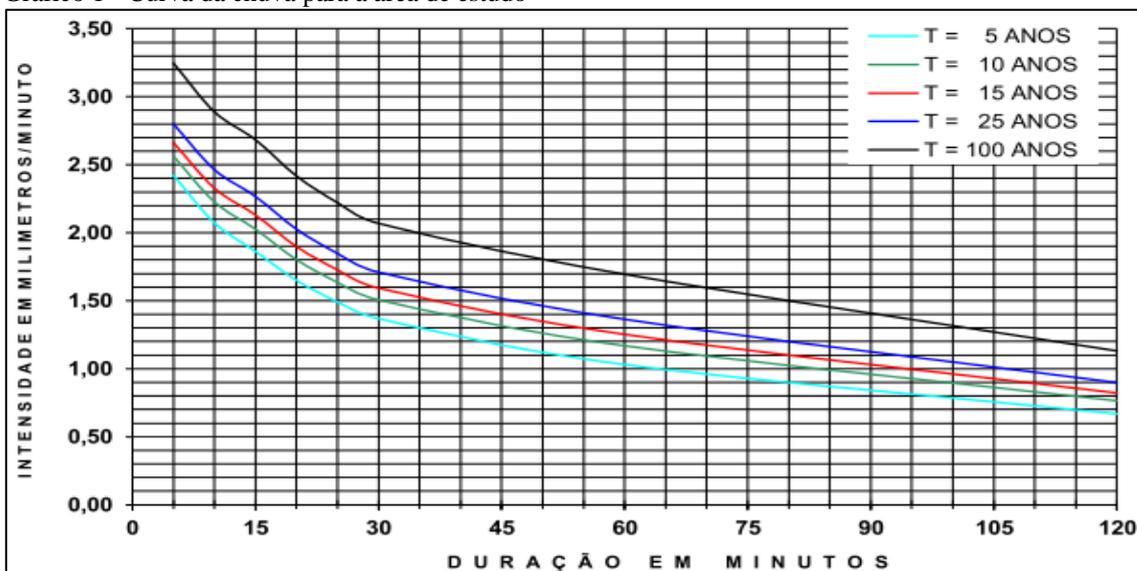
- T_c = Tempo de concentração (min)

- L = Comprimento do talvegue principal (km)
- H = Desnível do talvegue principal (m)

A partir do cálculo do tempo de concentração é possível obter a intensidade de precipitação através da equação de chuvas válida a área em estudo. No projeto estudado foram considerados os estudos do Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) no trabalho intitulado “Chuvas Intensas no Brasil” o Prof. Otto Pfafstetter (1957).

A curva da chuva utilizada no projeto estudado encontra-se no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Curva da chuva para a área de estudo



Fonte: SEMOSP (2017).

3.3.3 Canalização do Canal do Portinho

Segundo dados da SEMOSP (2020), a partir do estabelecimento do balanço das vazões e a verificação do escoamento pelas áreas de contribuição foi possível efetuar o dimensionamento do canal do portinho. Para isso foi utilizada a fórmula de Manning associada à equação da continuidade.

Fórmula de Manning:

$$V = \frac{RH^{2/3} \times I^{1/2}}{n} \quad (7)$$

Equação da Continuidade:

$$Q = S \times V \quad (8)$$

Onde:

- Q = Capacidade de escoamento da galeria;
- S = Seção de escoamento da galeria;
- V = Velocidade de escoamento da galeria;
- R_h = Raio hidráulico;
- I = Declividade da galeria;
- n = Coeficiente de rugosidade ou coeficiente de Manning.

Conhecida a vazão “ Q ” de contribuição do trecho de estudo, determina-se a dimensão, a declividade “ I ” e a velocidade “ V ”, com valores convenientes ao bom funcionamento das obras. No caso de tubulações a dimensão se define pelo diâmetro, e para as galerias celulares determinam-se medidas geométricas, ou seja, altura e largura; ambas necessárias à vazão de contribuição. O coeficiente de rugosidade (n) adotado no projeto analisado foi de 0,013.

Dados da SEMOSP (2020) mostram que para a execução do Canal do Portinho foi proposto a solução em galeria celular de concreto armado, fechada, iniciando próximo à Rua Jacinto Maia com dimensão de 2 x 2,50 x 1,50 m até a Travessa do Portinho, numa extensão de 311,00 m, até o lançamento por baixo da ponte em concreto, localizada na Avenida Senador Vitorino Freire.

Deve-se ressaltar que a maré máxima observada para este período do ano registrou uma cota de 3,400 m. Considerando que a cota de ançamento do canal projetado tem uma cota de fundo igual a 1,769 m, resulta que a mesma funcionará toda afogada, nestes dias, nos intervalos de tempo em que ocorrer esta maré.

De acordo com a SEMOSP (2020), o caminhamento do canal procurou seguir o existente adequando-o às novas medidas. Para a implantação deste canal será necessário a desapropriação de alguns imóveis, pois se trata de um lugar onde a urbanização é notória, inclusive com moradores antigos, alguns, donos de casas comerciais local.

3.4 Coleta de dados

Foram coletados projetos de drenagem e pavimentação da obra no Mercado Central e ruas adjacentes junto à Seretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos (SEMOSP), foram realizadas vistorias técnicas com a finalidade de determinar a bacia de contribuição da área e cadastrar o sistema de drenagem de águas pluviais existente em toda a área de estudo e com isso passar a ter uma compreensão dos problemas existentes e da

necessidade de implantação de novas obras.

Utilizamos uma estrutura simples para o reservatório, para controle na fonte atuando no local onde é gerado o escoamento, são captadas as águas pluviais de áreas impermeabilizadas, armazenando temporariamente o excesso de vazão gerado em função da redução da parcela de infiltração do solo, lançando vazões controladas no sistema de drenagem urbana.

O modelo de execução em concreto se torna mais estável e segura para as pancadas d'água, sendo a cota da rede de drenagem disponível um dos fatores determinantes para decisão de projeto. Como função destes reservatórios está o controle distribuído do escoamento das águas pluviais na bacia hidrográfica, o que minimiza os efeitos da impermeabilização do solo e ajuda na recuperação da capacidade de amortecimento da bacia, usamos os reservatórios de contenção para o controle de cheias urbanas, sendo a sua finalidade principal a de reduzir o pico das vazões por meio do amortecimento das ondas de cheia e pelo armazenamento temporário dos volumes de águas.

3.5 Aspectos éticos

Este trabalho será realizado em local público não haver a necessidade de autorizações de terceiros, porém os projetos e informações da drenagem executada no mercado central e estudo da bacia hidrográfica foi autorizado pela (SEMOP 2020), que pode ser visualizada na íntegra no Anexo A.

4 Resultados e discussão

4.1 Bacia de Contribuição Mercado Central

Dados coletados na SEMOSP (2020), mostram que a partir da delimitação da bacia hidrográfica, elaborada em cartografia disponível e apoiada em verificação de campo, determinaram-se as vazões de projeto que possibilitaram o dimensionamento dos dispositivos projetados.

A partir de estudos topográficos, com a utilização de estação total, foram levantadas as curvas de nível para, então, tornar possível a delimitação da bacia hidrográfica, é possível perceber a delimitação da bacia (em roxo) e das sub-bacias (em azul), a partir de um recorte da planta.

Observando das curvas de nível da planta baixa do local inseridas no software AutoCad® é possível traçar a bacia e a georreferencia. Tal procedimento permite que a bacia hidrográfica tenha uma localização bem definida e que, assim sua análise possa ser realizada de maneira mais adequada, como demonstra a Figura 15.

Figura 15 - Planta baixa da bacia de contribuição



Fonte: Adaptado de SEMOSP (2017).

Fez-se um estudo para a delimitação da bacia hidrográfica utilizando um levantamento planialtimétrico na escala 1:2000, percorrendo todo o seu limite, de cotas mais elevadas, e verificando os sentidos de escoamentos em todos os cruzamentos de ruas. A partir daí pode traçar as delimitações das sub-bacias que foram utilizadas para o dimensionamento de todos os ramais de galerias de águas pluviais.

A bacia de contribuição da área do Mercado Central ficou assim delimitada: início da Rua das Cajazeiras (proximidades da praça Dr. Miguel Vieira) até a Rua São Pantaleão, daí a sua esquerda até a Rua da Palha, daí à sua direita até as proximidades da Rua do Passeio, daí a sua esquerda até a Rua Gomes de Castro, seguindo alternando entre essa rua e a Rua do Passeio, até a Rua da Paz (esquina com a Rua dos Craveiros) e por esta, até a esquina com a Rua São João. Daí alternando entre a Rua da Paz e a Rua Grande até a Rua Afonso Pena, descendo até a Rua Direita, seguindo entre a Rua da Palma e a Rua Rio de Janeiro, até atingir a Avenida Vitorino Freire, até a Praça Dr. Miguel Vieira, e fechando no início da Rua das Cajazeiras.

A região de estudo compreende uma área de 56,86 ha, contendo as sub-bacias e a área que localiza próximo ao Canal do Portinho.

4.2 Drenagem do Canal do Portinho

Os resultados obtidos no projeto analisado consistem nos estudos e cálculo hidrológicos e no dimensionamento hidráulico da canalização da macrodrenagem, encontrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Resultados do projeto de drenagem do Canal do Portinho

Canal do Portinho		Trecho	
		PVE-17 até Estaca 02	Estaca 02 até Lançamento
	Montante	4,00	-
	Jusante	-	-
	Diferença	4,000	-
Comprimento (m)		49,00	311,00
Coeficiente Médio C		0,80	0,80

Área tributária a montante	Área incrementada	45,93	10,93
	C x A	36,744	8,744
	Soma C x A (ha)	36,744	45,488
	Soma A (ha)	45,93	56,86
Tempo de escoamento	Até Montante	11,81	12,19
	No trecho	0,37	2,31
Intensidade de precipitação (mm/h)		143,52	142,016
Deflúvio Q (m ³ /s)		14,649	18,016
Canal	Seção Tipo D (m)	2x2,50x1,50	2x3,00x1,50
	Declividade (%)	0,14	0,13
	Vel. Seção Plena (m/s)	2,18	2,24
	Capacidade (m ³ /s)	15,28	18,78
	Desnível	0,069	0,404

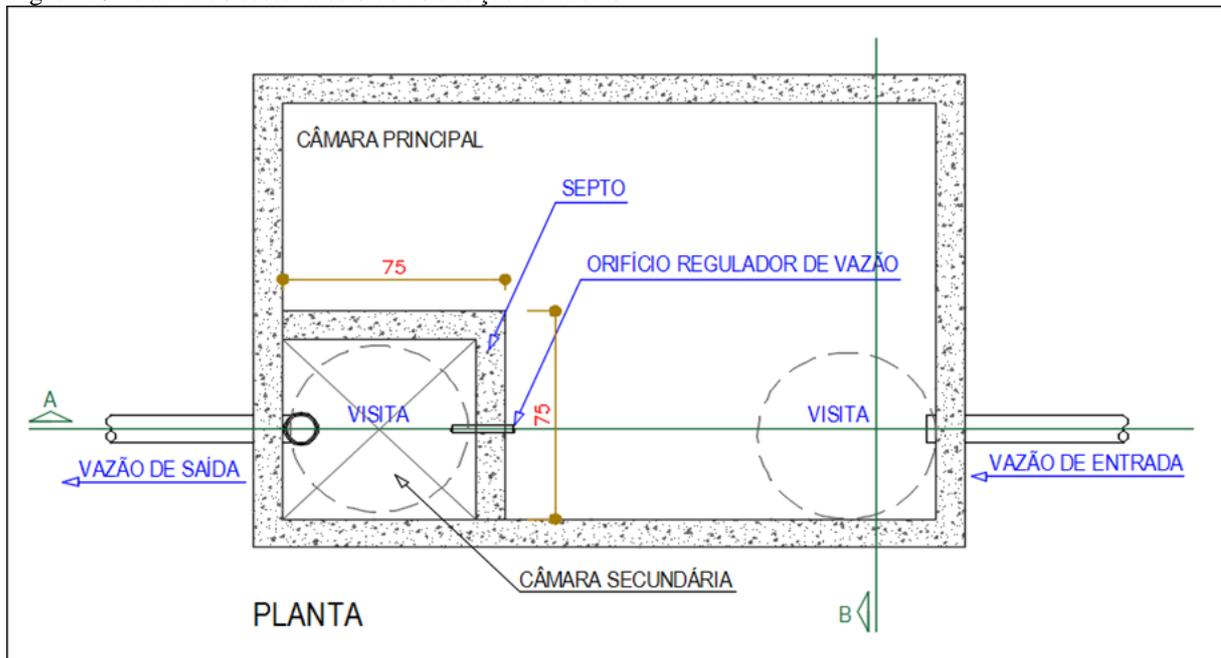
Fonte: Adaptado de SEMOSP (2017).

4.3 Composição e funcionamento de reservatórios de contenção de cheias

Os reservatórios de contenção de cheias são normalmente compostos pelas câmaras principal e secundária, divididas por um septo, conforme pode ser verificado no projeto genérico apresentado nas Figuras 16 e 17.

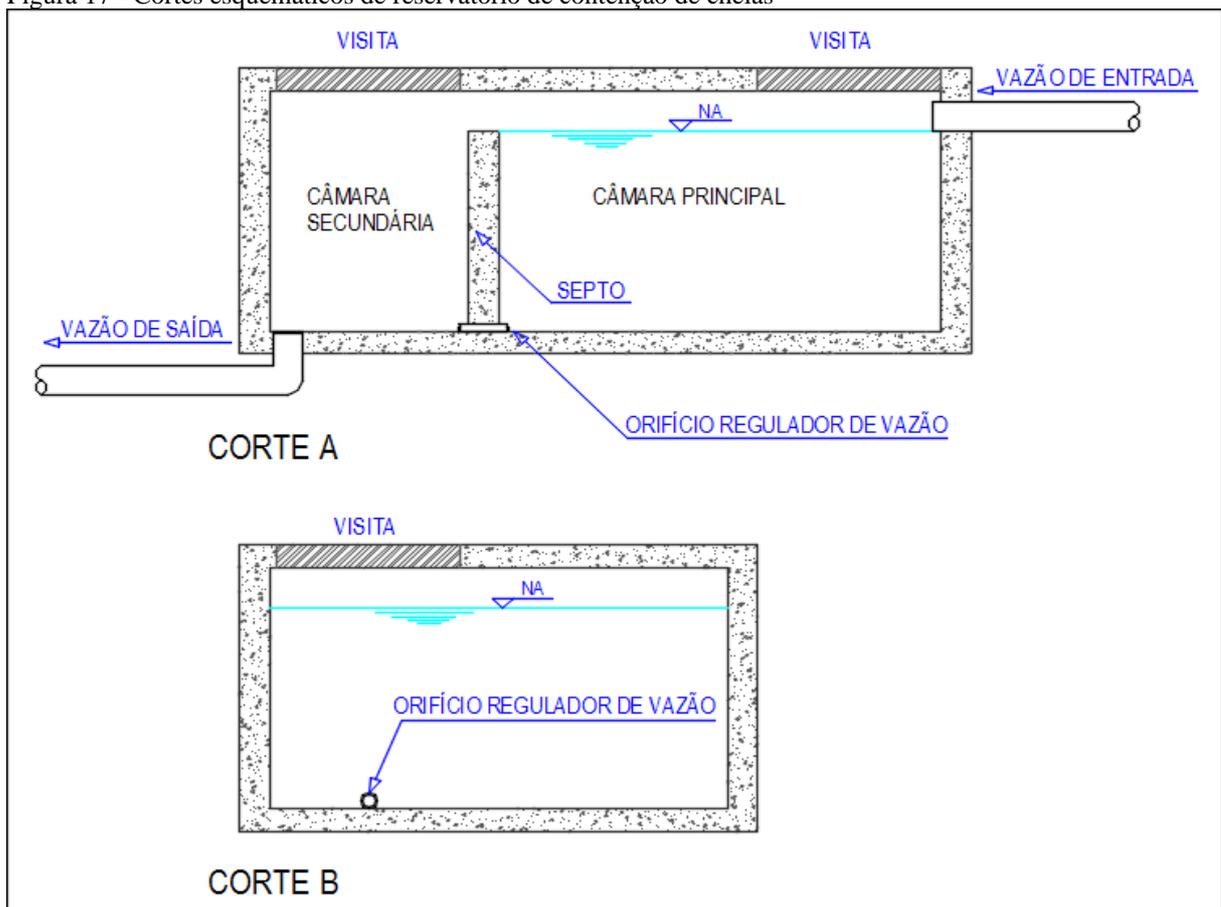
O orifício regulador de vazão, localizado na base do septo, é a estrutura hidráulica de descarga que permite o esvaziamento contínuo do reservatório, devendo obrigatoriamente este escoamento ser por gravidade. O septo funciona como um vertedouro no caso de a máxima lâmina de água do reservatório ser atingida, evento em que o escoamento se dá por cima do septo.

Figura 16 - Planta do reservatório de contenção de cheias



Fonte: O próprio autor (2020).

Figura 17 - Cortes esquemáticos de reservatório de contenção de cheias



Fonte: O próprio autor (2020).

Seu funcionamento ocorre da seguinte maneira:

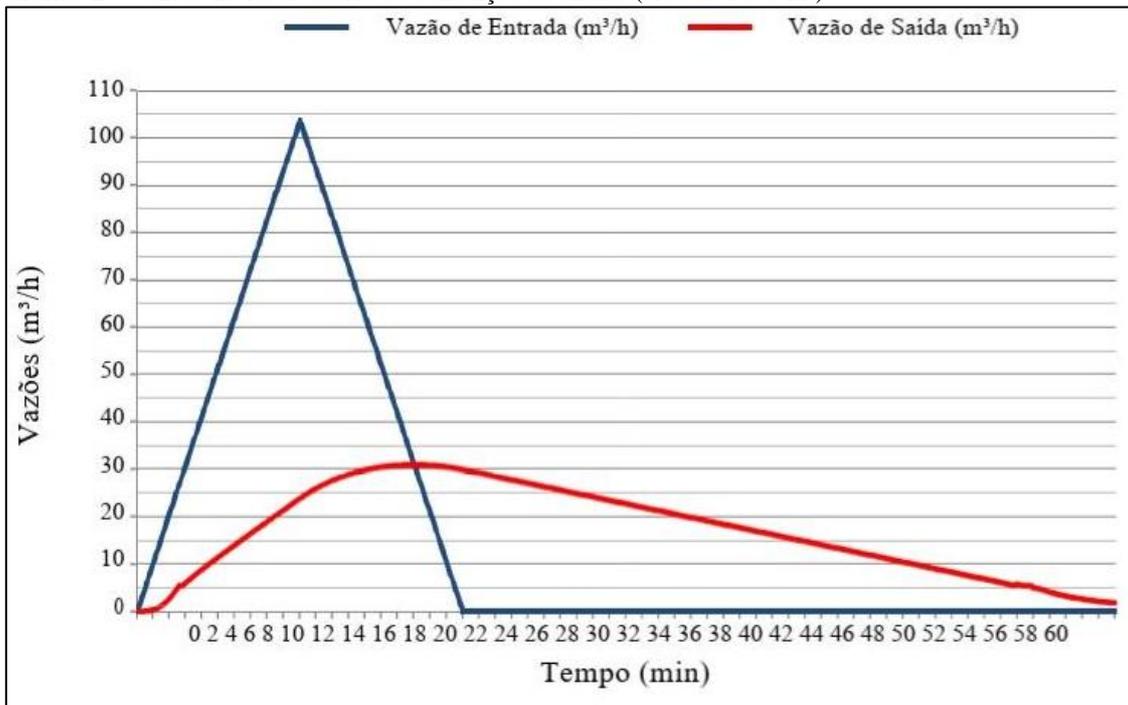
- A vazão de entrada é direcionada para sua câmara principal;
- A vazão de saída dá pelo orifício regulador de vazão, seguindo para a câmara secundária e posteriormente para as galerias de águas pluviais;
- A diferença entre a vazão de entrada e a vazão de saída implica na mudança do nível de água, o qual determina a vazão de saída do reservatório;
- Caso a lâmina de água na câmara principal venha a atingir seu nível máximo, que é a altura do septo divisório, ocorrerá o seu transbordamento e a água será lançada para a câmara secundária por cima do septo, podendo diminuir a eficiência na redução de vazão.

A eficiência dos reservatórios de contenção de cheias pode variar em função de seus parâmetros de dimensionamento, conforme citado por Souza (2013) em seu estudo de reservatórios na escala de pequenos lotes residenciais e a sua influência no sistema de drenagem urbana.

A falha dos reservatórios pode ser resultado da incerteza associada aos parâmetros de dimensionamento, tais como a determinação da vazão de entrada e do tempo de duração da vazão, bem como o hidrograma oriundo da relação estabelecida entre esses parâmetros, além da área de base do reservatório, a área de seção e o coeficiente de descarga do orifício regular de vazão (PAIK, 2008).

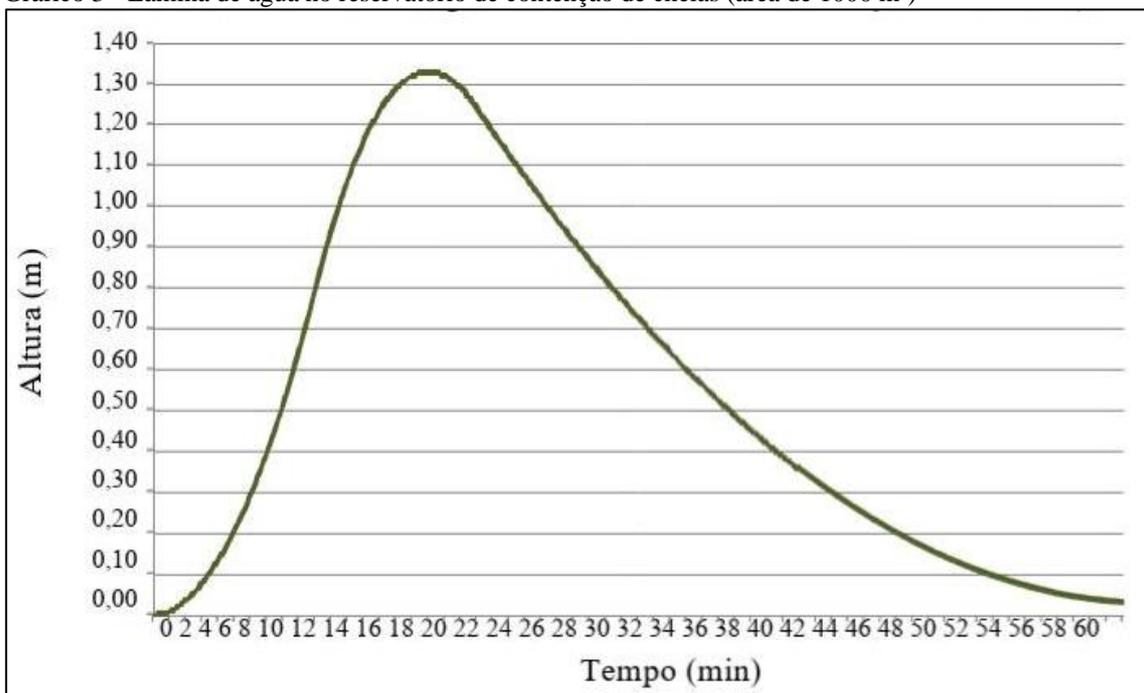
4.4 Simulações pelo Método de Pulz para Determinação Geométricas dos Reservatório

A partir de simulações para cada uma das áreas genéricas adotadas, foi gerado um hidrograma de vazões de saída do reservatório, conforme exemplo demonstrado no Gráfico 2, referente à área impermeabilizada no valor de 1.000 m².

Gráfico 2 - Vazões no reservatório de contenção de cheias (área de 1000 m²)

Fonte: O próprio autor (2020).

Foi possível ainda determinar o comportamento da lâmina de água no reservatório ao longo do tempo, conforme demonstrado no exemplo do Gráfico 3, também referente à área impermeabilizada no valor de 1.000 m².

Gráfico 3 - Lâmina de água no reservatório de contenção de cheias (área de 1000 m²)

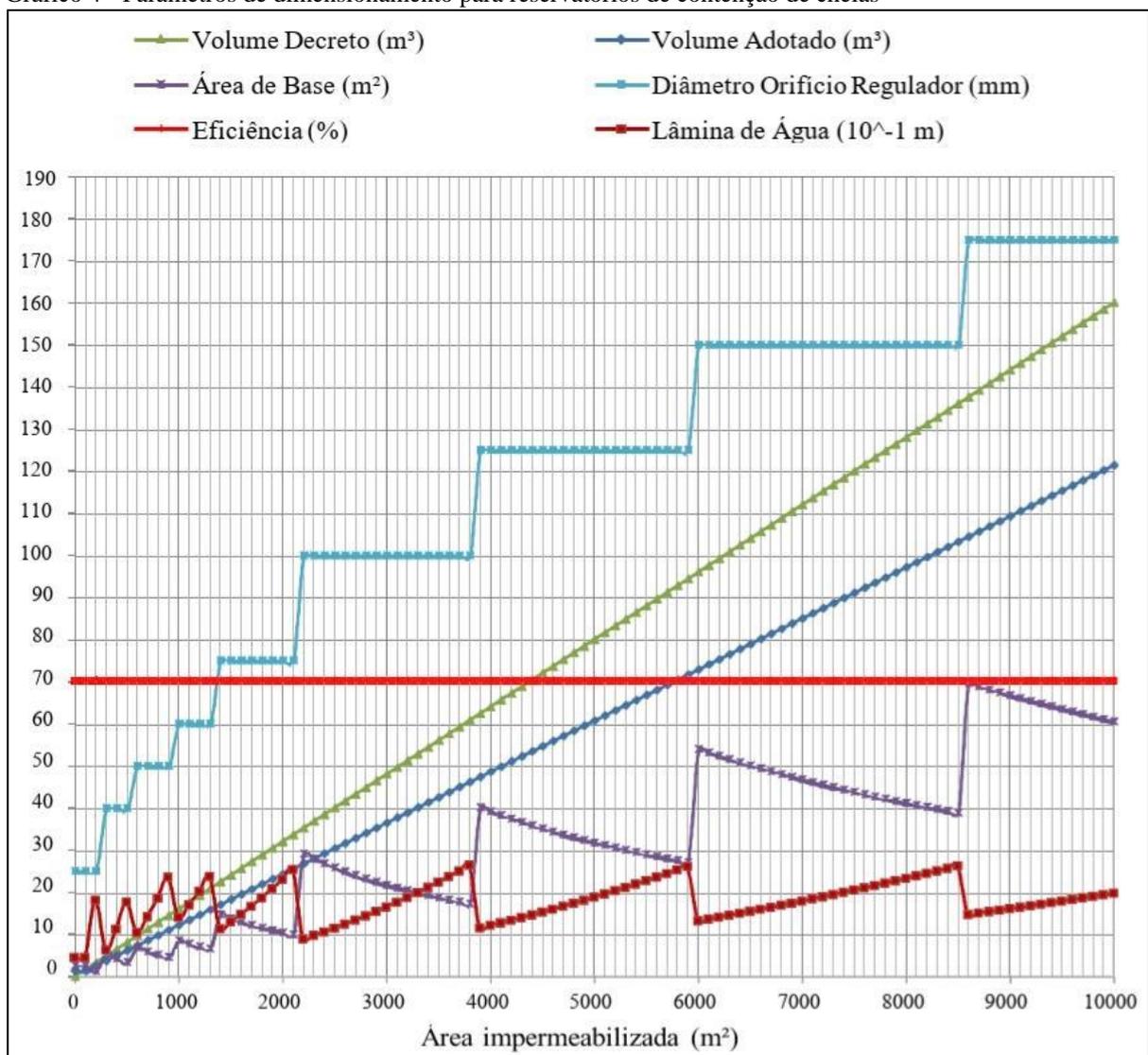
Fonte: O próprio autor (2020).

Os hidrogramas e variações de lâminas de água correspondentes às demais áreas genéricas apresentaram comportamentos semelhantes, variando-se apenas os valores nos instantes de tempo.

A simulação da propagação de vazão nos reservatórios referentes às áreas genéricas impermeabilizadas permitiu a elaboração de tabela e gráfico que relacionam tais áreas às características geométricas dos reservatórios, sendo elas: volume adotado, área de base e diâmetro do orifício regulador de vazão.

No Anexo C, é apresentada a tabela completa que originou os valores do Gráfico 4, no qual são demonstrados os resultados obtidos, bem como uma comparação com o volume calculado de acordo com o Decreto nº 176/2007 (CURITIBA, 2007) e a eficiência atingida na redução de vazões.

Gráfico 4 - Parâmetros de dimensionamento para reservatórios de contenção de cheias



Fonte: O próprio autor (2020).

A análise do comportamento gráfico das simulações efetuadas permitiu afirmar que, adotado o diâmetro do orifício regulador de vazão, com o acréscimo de vazões no reservatório, pode-se reduzir a área de base do reservatório para que se mantenha a eficiência mínima desejada, o que proporciona o aumento das lâminas de água. Em dado momento, o reservatório passa a ter uma geometria inviável em termos de projeto. Sendo assim, optou-se por restringir a máxima altura da lâmina de água em 2,70 m, medida considerada ideal para aproveitamento máximo da altura disponível em um pavimento das edificações. Medidas maiores, que necessitem a utilização de mais pavimentos, podem se tornar prejudiciais às áreas do projeto e não foram aceitas no presente estudo.

4.5 Análise do projeto

Após a realização da coleta dos dados do projeto de drenagem do Canal do Portinho, ressaltando que o estudo está concentrado na macrodrenagem, é possível realizar ponderações e análises, a partir da fundamentação teórica proporcionada pela revisão da leitura.

Para fins de análise do traçado da bacia e sua localização espacial, foi realizado um levantamento de dados de localização de alguns pontos localizados na área de estudo. A partir desta coleta de dados é possível analisar o georreferenciamento da planta da bacia, que representa sua localização espacial a partir de referências.

Para a realização do levantamento de dados utilizou-se o GPS *Garmin*, modelo GPSmap 76Cx, o qual apresentou dados de referência espacial e de elevação de cada local capturado. Os dados espaciais e de elevação podem ser observados no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 - Dados obtidos por meio do GPS

Ponto	X	Y	Elevação (m)
1	0577599	9719544	6
2	0577501	9719596	8
3	0577171	9719840	6
4	0577946	9719530	14
5	0577673	9719843	5
6	0578157	9719631	25
7	0578552	9719542	15
8	0577527	9720124	6
9	0577019	9720284	1
10	0578137	9720103	23
11	0577442	9720461	27

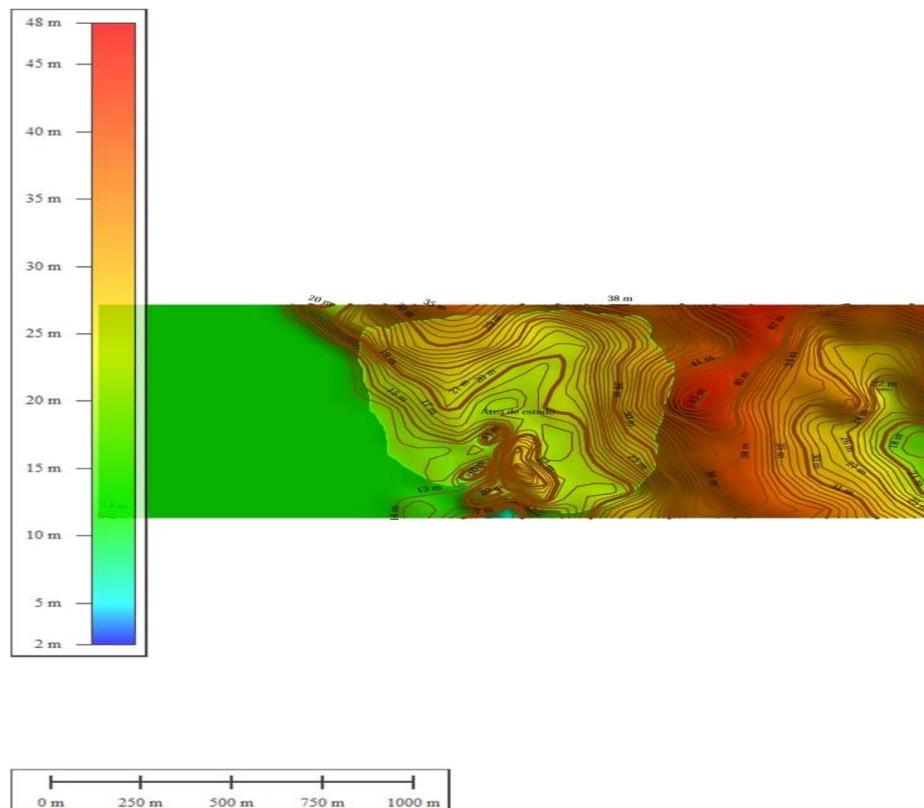
12	0577456	9720471	27
13	0578571	9720096	10
14	0578164	9720442	27
15	0578594	9720421	28

Fonte: Adaptado de SEMOSP (2017).

O GPS foi utilizado na configuração de projeção em UTM 23S, com o *Datum* em WGS 84, configurações próximas as recomendáveis para estudos topográficos no território brasileiro.

Por meio da inserção da planta da bacia hidrográfica do projeto estudo em um *software*, percebeu-se que o objeto estava localizado dentro da área de estudo, portanto já, corretamente, georreferenciamento no CAD. A Figura : ilustra a curva de nível do Mercado Central e Canal do Portinho do Quadro 2.

Figura 18 - Curva de nível das coordenadas topograficas do Mercado Central e Canal do Portinho



Fonte: O próprio autor (2020).

No que se refere aos hidrológicos, seria recomendado que o projeto de macrodrenagem do canal do Portinho usasse a equação de Carter para determinar o tempo de concentração, ao invés da equação de Kirpich, pois a pesquisa bibliográfica aponta para a utilização da equação de Carter, devido apresentar os melhores resultados para bacias

urbanas.

Ainda no tocante aos estudos hidrológicos, o projeto analisado utiliza os dados de chuvas intensas estudados por Pfafstetter. O levantamento bibliográfico evidencia que foram realizadas pesquisas mais recentes nos municípios de São Luís a fim de obter dados atuais e adequados com relação a chuvas intensas.

Sendo assim, de acordo com os estudos de Campos *et al.* (2015), é possível obter parâmetros mais atuais e adequados para a equação IDF da chuva de São Luís-MA.

Para a determinação das vazões de projetos, o projeto de drenagem analisado utilizou-se do método mais adequado, que configura o método racional. Dessa forma, o dimensionamento do canal do Portinho encontrou-se dentro de limites adequados tendo em vista o problema que se tem o objetivo de solucionar e as variantes que envolvem o planejamento de sistemas de drenagem.

Para a análise do planejamento de drenagem urbana do Mercado Central, foi possível coletar fotografias junto a SEMOSP, facilitando a visualização de problemas e avaliação das soluções propostas no projeto em estudo para a melhoria do sistema de drenagem na área de estudo.

Na figura 18 é possível perceber o Mercado Central e duas proximidades que configuram pontos de baixa elevação e conseqüentemente suscetíveis a inundações. Este local consiste em uma área de comércio, de intenso tráfego e intensa ocupação. Sendo assim, os efeitos da urbanização são bastante evidentes no local, proporcionando uma região com grande grau de impermeabilização e com sistema de drenagem ineficiente.

Figura 19 - Fotografia do Mercado Central



Fonte: O próprio autor (2020).

Pode-se observar, na Figura 19, o local onde o Canal do Porinho recebe todas as águas das bacias de contribuição. Também é possível perceber a ocupação de um estabelecimento comercial construído acima do canal. Isso traz grandes prejuízos ao sistema de drenagem presente, o grau de poluição do canal acentua-se, a manutenção do canal é dificultada, bem como aumenta o risco de alagamento no estabelecimento observado, colocando a risco a segurança de pessoas.

Figura 20 - Início do Canal do Portinho



Fonte: SEMOSP (2017).

Nas figurs 20 e 21, nota-se presença dos resíduos sólidos poluentes no Canal e a

danificação de suas paredes laterais, bem como o estreitamento da sua calha de estreitamento, devido falta de manutenção. Isso acarreta na diminuição da capacidade de vazão do canal, aumentando ainda mais as chances de inundação quando ocorrer o aumento de volume de água pluvial, trazendo inúmeros malefícios a vizinhança e ao meio ambiente.

Figura 21 - Poluição presente no canal



Fonte: SEMOSP (2017).

Figura 22 - Estreitamento do canal



Fonte: SEMOSP (2017).

A partir da observação da Figura 22, nota-se a canalização do canal do Portinho já executado. O projeto propôs a melhoria do sistema de macrodrenagem, por meio da construção da canalização dimensionada adequadamente pelos cálculos hidrológicos e

hidráulicos.

Com as dimensões citadas no projeto e observadas na Figura 22, espera-se que a canalização suporte a vazão de projeto estimada e assim possua maior eficiência no escoamento das águas provenientes das bacias contribuintes. Através das células de concreto projetadas e executadas, o canal torna-se mais protegido à poluição de resíduos sólidos, bem como evita no estreitamento da calha de escoamento.

Figura 23 - Células de canalização da macrodrenagem



Fonte: Fonte: SEMOSP (2017).

Dessa forma, com os parâmetros adequados para a análise de um sistema de drenagem nas redondezas do Mercado Central, é possível proporcionar a atenuação das possibilidades de inundação, segurança e qualidade de vida aos moradores, comerciantes, conservação da infraestrutura das proximidades, além de promover qualidade e conservação ao meio ambiente.

Todas as esferas que compõem o tripé da sustentabilidade, os quais são o social, o econômico e o meio ambiente são beneficiados com planejamentos e projetos adequados de drenagem urbana, evidenciado por meio presente análise proposta.

4.6 Soluções viáveis para os problemas encontrados

3.6.1 Legislação relacionada aos reservatórios de contenção de cheias

O uso de reservatórios de contenção de cheias como medida de controle pode reduzir os gastos do poder público na área de drenagem urbana, visto que a obrigatoriedade de sua utilização transfere a responsabilidade do controle de vazões e os custos relacionados à sua implantação ao proprietário do lote (TASSI, 2002). Lengler, Leuck e Mendes (2014) apontam como viável criar um benefício tributário aos proprietários que realizem obras de amortecimento da vazão de contribuição de seus lotes, compensando total ou parcialmente os custos particulares investidos.

Embora a maioria das cidades brasileiras não possua legislação específica, as principais capitais passaram a adotar medidas de controle com a utilização de reservatórios de contenção de cheias (DRUMOND; COELHO; MOURA, 2011). O dimensionamento do reservatório de contenção de cheias para a cidade de Curitiba-PR é orientado pelo Decreto Municipal nº 176/07 (CURITIBA, 2007). O volume de reservação deve ser calculado a partir da Equação 1.

Equação para o volume do reservatório:

$$V = k \times i \times A_I \quad (9)$$

Em que:

- V (m^3) é o volume do reservatório;
- k é a constante dimensional fixada pelo decreto no valor de 0,20;
- i é a intensidade da precipitação fixada pelo decreto no valor de 0,080 m/h;
- A_I (m^2) é área impermeabilizada conforme parâmetros do decreto.

Na Tabela 4 são destacados os critérios para definição do diâmetro do orifício regulador de vazão em função do volume calculado.

Tabela 4 - Diâmetro do orifício regulador em função do volume do reservatório

Volume (m^3)	Diâmetro Orifício Regulador (mm)
Até 2	25
3 a 6	40
7 a 26	50
27 a 60	75

61 a 134	100
135 a 355	150
356 a 405	200
406 a 800	300
801 a 1300	400
1301 a 2000	500

Fonte: Adaptado de Curitiba (2007).

Os critérios para obrigatoriedade do uso dos reservatórios constam na referida legislação, que pode ser visualizada na íntegra no Anexo D.

Ao comparar a presente pesquisa com outras realizadas sobre o assunto, pode-se afirmar que, embora ocorram variações nos critérios de dimensionamento, os reservatórios de contenção de cheias apresentam um comportamento expressivo na redução de vazão de pico de áreas impermeabilizadas.

Dados referentes à Pesquisa Nacional do Saneamento Básico do ano de 2008, citada por Guerra (2011), apontam que apenas 11,9% dos 5564 municípios brasileiros apresentam algum dispositivo de contenção de águas pluviais. As maiores proporções de municípios com dispositivos coletivos de detenção e amortecimento de vazão das águas pluviais urbanas foram os Estados do Mato Grosso do Sul (53,8%), Paraná (31,8%) Mato Grosso (28,6%). No outro extremo, destacaram-se negativamente os Estados do Piauí (0,9%), Tocantins (2,9%) e Santa Catarina (3,1%) (PNSB, 2010).

Coelho, Page e Hora (2016), ao analisarem legislações municipais referentes ao assunto, indicaram a necessidade de conceber uma legislação em âmbito federal ou uma norma técnica brasileira para dimensionamento de reservatórios de contenção de cheias, considerando os respectivos parâmetros pluviométricos regionais.

Pode-se citar ainda que, embora a utilização de reservatórios de contenção de cheias seja medida obrigatória para aprovação de projetos em determinadas cidades, a falta de inspeções periódicas futuras por parte do poder público pode acarretar as faltas de manutenção e de uso adequado pelos proprietários, fazendo com que esta medida perca a sua função ao longo do tempo (UDFCD, 2017b).

Neste aspecto, Yamashita, Watanabe e Shimatani (2016) realizaram pesquisa por meio de questionários a dado número de moradores na cidade de Fukuoka, Japão. No caso, após grande inundação ocorrida em 2009, eles passaram a utilizar reservatórios de águas pluviais em seus lotes. Como resultado tem-se que, embora somente 9% dos moradores tenham apontado como principal vantagem do uso dos reservatórios a prevenção de cheias, 82% tornou-se mais consciente da frequência e intensidade da precipitação depois de

começarem a usar a água armazenada para jardinagem e 95% recomendaram o uso para seus vizinhos.

Assim, a conscientização por meio do uso e visibilidade de suas vantagens pode ser uma forma de disseminação de medidas de controle contra cheias, que podem ser aliadas aos aspectos de reúso da água pluvial.

Os reservatórios são, portanto, uma alternativa adequada para o combate às inundações urbanas e a possibilidade de sua utilização em outras cidades brasileiras a partir de legislações deve ser avaliada pelo poder público. Além disso, o uso de reservatórios de contenção de cheias em conjunto com outras medidas de controle pode ser mais uma alternativa para o combate dos problemas oriundos das chuvas intensas.

5 CONCLUSÃO

A partir da fundamentação teórica proporcionada pela revisão da literatura de autores de destaque nacional e do estudo de caso que promoveu a exposição e análise do projeto de drenagem urbana de uma determinada área, foi possível perceber que a aplicação prática de planejamento e projeto de drenagem deve estar aliada a uma forte revisão bibliográfica, a fim de que sejam adotados parâmetros adequados para os estudos hidrológicos e hidráulicos da área a ser implementado o projeto.

As informações que a literatura trouxe acerca do planejamento urbano evidenciam que todos os aspectos de causas e soluções devem ser analisados em um projeto de drenagem urbana. Os quais podem ser citados a qualidade de vida da população, o comércio da região, a mobilidade urbana, a segurança das habitações e, não menos importantes, os impactos ambientais que uma inundação urbana pode acarretar.

Os estudos hidrológicos realizados de maneira adequada são de fundamental importância para determinar a vazão que o sistema de drenagem deverá escoar, assim, ser realizado o dimensionamento adequado das estruturas de drenagem. O dimensionamento deve atender às vazões de pico promovidas por chuvas intensas com segurança, sem trazer prejuízos à população e ao meio ambiente. Para isso os métodos de cálculo devem ser desenvolvidos com atenção e adequação à área de estudo.

O projeto de drenagem do Canal do Portinho, o qual configurou o objeto de estudo, apresentou, em geral, uma análise adequada do problema de alagamento recorrente nas proximidades do Mercado Central, o qual trazia inúmeros problemas aos moradores, ao comércio, ao tráfego e ao meio ambiente.

As soluções propostas pelo projeto analisado, já em fase de execução, mostram uma grande melhoria no sistema de macrodrenagem do canal do Portinho, trazendo à canalização uma maior capacidade de escoamento, segurança e benefícios a sua manutenção.

Espera-se que, após completamente realizada a execução do projeto, o sistema de drenagem do Mercado Central atenda às demandas previstas no projeto, bem como seja realizada a manutenção do canal para que sua eficiência não diminua e não resulte na retomada dos problemas de inundação da área.

Para a análise da bacia hidrográfica, os métodos de georreferenciamento mostraram-se importantes, pois permitiu a análise espacial mais próxima ao caso real de implantação do sistema de drenagem.

Entende-se, então, que o desenvolvimento de uma análise adequada da área de

estudo para a implantação ou melhoria de sistema de drenagem urbana, assim como seu correto planejamento e manutenção são de fundamental importância no contexto do desenvolvimento urbano. Dessa forma, é possível assegurar segurança e qualidade de vida à população, promover melhoria à economia da região por meio da conservação da sua infraestrutura e, ainda, conservar o meio ambiente, resultando em uma prática urbana sustentável.

REFERÊNCIAS

- AGRA, S. 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.
- ALMEIDA, D. S. de; COSTA, I. T. da. **A Drenagem Urbana das águas pluviais e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública no município de Santana**. 2014. 68 p. Monografia (Graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2014.
- ALMEIDA, E. de. **Drenagem urbana**. 2012. Disponível em: <https://www.jcnet.com.br/opiniao/articulas/2012/07/275507-drenagem-urbana.html>. Acesso em: 26 set. 2020.
- ARBOIT, N. K. S. **Proposta de implementação de microrreservatório de retenção em lotes na cidade de Frederico Westphalen**. 2014. 73 f. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15645**: Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 1992a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12266**: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro: ABNT, 1992b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Blucher, 1998.
- BAPTISTA, M. B; NASCIMENTO, N. O; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005.
- CAMPOS, A. R; SANTOS, G. G; ANJOS, J. C. R; ZAMBONI, D. C. S; MORAES, J.N.F. Equações de intensidades de chuvas paa o Estado do Maranhão. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 23, n. 5, p. 435-447, 2015.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- CANHOLI, J. F. **Medidas de Controle “in Situ” do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas: Análises de Aspectos Técnicos e Legais**. 2013. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PRUSKI, F. F.; HOLLANDA, M. P.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação de interpoladores para os parâmetros das quações de chuvas intensa no Espírito Santo. **Revista Ambi-Agua**, v. 4, n. 3, p. 82-92, 2009.

COELHO, Fabio G.; PAGE, Raphael M.; HORA, Mônica de A. G. M. da. Uso de reservatórios de águas pluviais residenciais como auxílio na drenagem urbana. **Revista Hydro**, n. 121, p. 36-49, nov. 2016

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. [S. l.]: Editora ABRH, 2013.

CORDERO, A.; MEDEIROS, P. A.; TERAN, A. L. Medidas de Controle de Cheias e Erosões. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 27-58, maio/ago.,1999.

DAEE/CETESB. **Drenagem Urbana**. 2. ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1980.

DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S. Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensas-duração-frequência para pelotas – RS. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 245-255, 2008.

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: . Acesso em: 09 set. 2020

CURITIBA (Capital). Normas para projeto de drenagem. **Prefeitura Municipal de Curitiba**, Curitiba. Disponível em: . Acesso em: 09 set. 2020

DENARDIN, J.; FREITAS, P. L. Características Fundamentais da Chuva no Brasil. **Revista Pesuisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 1, p. 1409-1416, 1982.

DRUMOND, P. de P. **Estudo da influência da reservação de águas pluviais em lotes no município de Belo Horizonte, MG**: Avaliação hidráulica e hidrológica. 2012. 184 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

DRUMOND, P. de P.; COELHO, M. M. L. P.; MOURA, P. M. Investigação experimental dos valores de coeficiente de descarga em tubos de saída de microrreservatórios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Minas Gerais, v. 19, n. 2, p. 267-279, abr./jun. 2014.

FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 6. ed. São Paulo: LTC, 2006.

G1 MARANHÃO. **Chuva no Maranhão**: 113 cidades já decretaram situação de emergência. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2019/04/05/chuvas-no-maranhao-13-cidades-ja-decretaram-situacao-de-emergencia.ghtml>. Acesso em: 01 de mar. 2020.

GRIBBIN, J. E. **Introdução a Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016. 526 p.

DRUMOND, P. de P. **Estudo da influência da reservação de águas pluviais em lotes no município de Belo Horizonte, MG: Avaliação hidráulica e hidrológica.** 2012. 184 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

DRUMOND, P. de P.; COELHO, M. M. L. P.; MOURA, P. M. Investigação experimental dos valores de coeficiente de descarga em tubos de saída de microrreservatórios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Minas Gerais, v. 19, n. 2, p. 267-279, abr./jun. 2014.

DRUMOND, Pedro de P.; COELHO, Márcia M. L. P.; MOURA, Priscilla M. Análise do volume de reservação de águas pluviais em lotes: comparação do caso de Belo Horizonte com outras cidades brasileiras. **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Maceió, 2011. Disponível em: . Acesso em: 11 out. 2015

DRUMOND, Pedro de P.; COELHO, Márcia M. L. P.; MOURA, Priscilla M. Investigação experimental dos valores de coeficiente de descarga em tubos de saída de microrreservatórios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** – RBRH, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 267-279, abr./jun. 2014. Disponível em: . Acesso em: 11 out. 2020.

GUERRA, A. E. Qualidade e Eficiência dos Serviços de Saneamento. *In*: IBGE. **ATLAS de Saneamento**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011, p. 27-44.

HERNANDEZ, V. Propagação de Enchentes em Reservatórios - Método Direto. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v. 12, n. 2, p.115-122, abr./jun., 2007.

MELO, M. J. V. de. **Medidas estruturais e não estruturais de controle de escoamento superficial aplicáveis na Bacia do Rio Fragoso na cidade de Olinda.** 2007. 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

MORUZZI, R. B; OLIVEIRA, S. C. Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Rio Claro, SP: método e aplicação. **Revista Teoria e Prática da Engenharia Civil**, v. 9. n. 13, p. 59-68, 2009.

MULVANY, T. J. On the use of self-registering raing and flood gausdes in making observations of rain fall ando i flood dischargns in a given catchment. **Proceedings of the Institution of Engineers of Ireland**, 18-33, 1851.

NEW JERSEY STATE SOIL CONSERVATION COMMITTEE. **The Standards for Soil Erosion and Sediment Control In New Jersey.** 7th. ed. [S. l.]: New Jersey Department of Agriculture, 2014. 432 p. Disponível em: <https://www.nj.gov/agriculture/divisions/anr/pdf/2014NJSoilErosionControlStandardsComplete.pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.

GUERRA, A. E. Qualidade e Eficiência dos Serviços de Saneamento. *In*: IBGE. **ATLAS de Sanweamento**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011, p. 27-44.

OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C; WEHR, T. R.; BORGES, L. B.; SARMENTO, P. H. P.; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequancia de chuva intensas para algumas localidades no estado de Goiás e distrito Federal. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**,

v. 35, n. 1, p. 13-18, 2005.

PFASTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil**. Brasília: Departamento Nacional de Obras e Saneamento, 1957.

PHILIPPI JR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manoele, 2005. (coleção Ambiental; 2).

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

RODRIGUES, J. O; ANDRADE, E. M.; OLIVEIRA, T. S.; LOBATO, F. A. Equações de internsidade-duração-frequência de chuvas para as localidades de Fortaleza e Pentecoste, Ceará. **Revista Scientia Agraria**, v. 9, p. 511-519, 2008.

PAIK, Kyungrock. Analytical derivation of reservoir routing and hydrological risk evaluation of detention basins. **Journal of Hydrology**, v. 352, p. 191-201, abr. 2008

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 115-123, 2010.

SEMOSP. **Projeto de Drenagem do Mercado Central**. São Luís: SEMOSP, 2017.

SILVA, D. F. **Análise da influência de microrreservatório em um loteamento e seus efeitos em escala de bacia**. 2016. 171 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2016.

SOUSA, G. C. **Utilização de sistemas de retenção na fonte como forma de reduzir os efeitos do escoamento superficial no centro de Mossoró - RN**. 2017. 94 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2017.

SOUZA, R. C. C. **Análise da utilização de reservatórios de contenção de cheias em edificações e o seu impacto no sistema de drenagem urbana**. 2013. 117 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2013.

TOMAZ, P. **Curso de Manejo de águas pluviais**. [S. l.]: [S. n.], 2013. 21 p. Hidrogramas do método racional (Capítulo 111).

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Rio Grande do Sul, v. 7, n. 1, p.5-27, jan/mar. 2002.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007a.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da

UFRGS/ABRH, 2007b.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. Controle do Impacto da Urbanização. *In*: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. (orgs.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995. 5 v. (Coleção ABRH de Recurso Hídricos).

UDFCD. **Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 1. Management, Hydrology, and Hydraulics**. Denver: Urban Drainage and Flood Control District, 2017a.

UDFCD. **Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 2. Structures, Storage, and Recreation**. Denver: Urban Drainage and Flood Control District, 2017b.

UDFCD. **Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 3. Best Management Practices**. Denver: Urban Drainage and Flood Control District, 2015.

YAMASHITA, Sampei; WATANABE, Ryoichi; SHIMATANI, Yukihiro. Smart adaptation activities and measures against urban flood disasters. **Sustainable Cities and Society**, v. 27, p. 175-184, nov. 2016.

**APÊNDICE A – PLANTA DE LOCALIZAÇÃO MERCADO CENTRAL E CANAL
DO PORTINHO**



LEGENDAS

-  MERCADO CENTRAL
-  AV. GUAXENDUBA
-  AV. VITORINO FREIRE
-  CANAL DO PORTINHO

OBSERVAÇÕES

ID	DESCRIÇÃO
	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
	DATUM: WGS 84
	ZONA 23 S

OBJETIVO
IDENTIFICAR CANAL DO PORTINHO, MERCADO CENTRAL E SUAS VIAS DE ACESSO.

DESCRIÇÃO
PLANTA DE LOCALIZAÇÃO

LOCAL
SÃO LUÍS -MA

CLIENTE / PROPRIETÁRIO / ORGÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2020

RESPONSÁVEL TÉCNICO
FABIO SANTOS MARTINS
TEC. EDIFICAÇÕES

ESCALA 1:1	ÁREA NA	PERÍMETRO NA	DESENHISTA	DATA 25/11/2020	FOLHA A3 01/001
ARQUIVO					

ANEXOS

ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA LOCAL DE ESTUDO



AUORIZAÇÃO

Nome do aluno: Fábio Santos Martins

Nome do orientador: Prof. Esp. Rogerio Jose Belfort Freire

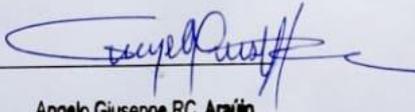
Nome da empresa/ órgão: SEMPE (Secretaria Municipal de Projetos Especiais)

Nome do responsável: Ângelo Giuseppe L. Calabria de Araujo

Título do TCC: DRENAGEM URBANA: Reservatório para contenção de cheias no mercado central e canal do portinho em São Luís- MA.

Objetivo geral: Analisar o sistema de drenagem e fazer um estudo da bacia hidrográfica do canal do portinho empregado no Mercado central em São Luís – MA, identificando aspectos técnicos que podem estar associados às principais falhas que levam a enchentes no local. Peço autorização ao órgão SEMPE para utilização dos projetos da Bacia Hidrográfica e planta baixa de drenagem, para incluir no meu estudo de caso do TCC (Trabalho de conclusão do curso).

Autorizado por: _____


Angelo Giuseppe RC. Araújo
Eng. Civil
CREA-20778-D/PE

ANEXO B - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO



ANEXO C

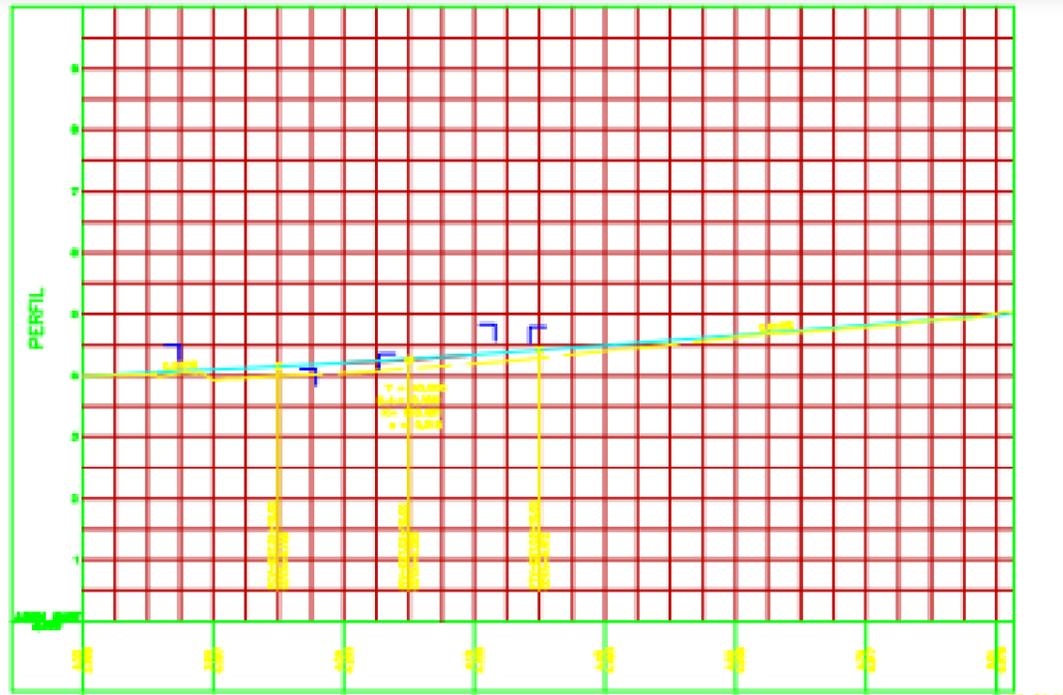
- PLANTA GERAL

- DETALHAMENTO DE PLANTA E PERFIL DO CANAL DO PORTINHO, AV. GUAXENBUBA E RUA ANTONIO RAYOL.

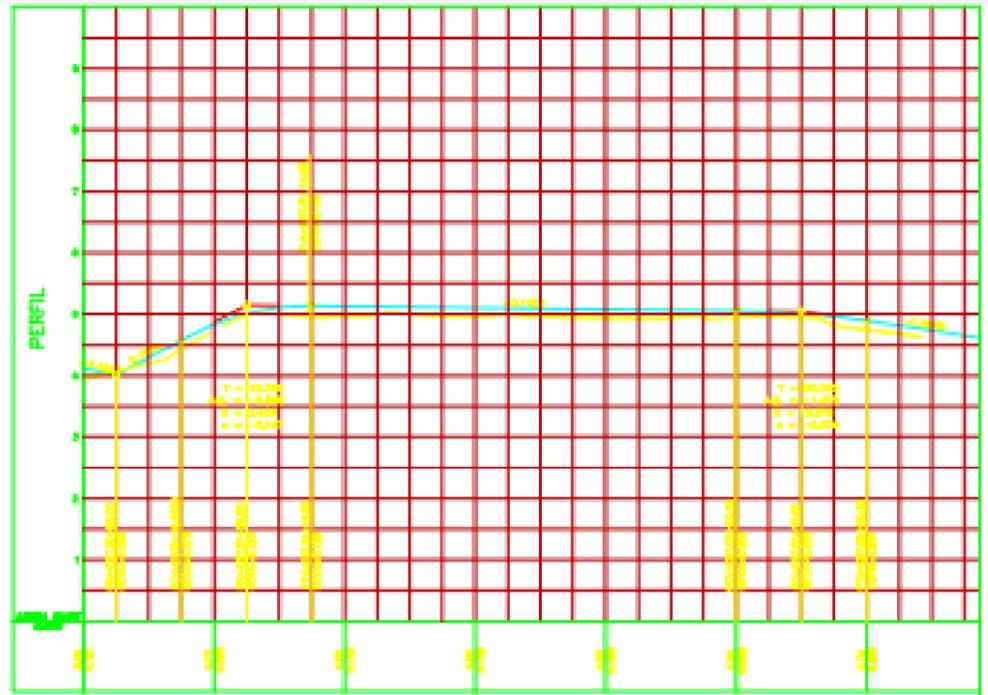
- PROJETO GEOMETRICO

- PROJETO DETALHAMENTO DE BOCA DE LOBO

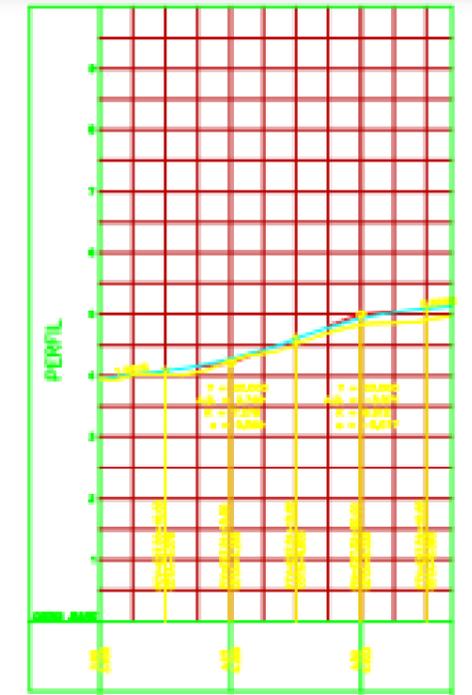
- PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO SEÇÃO TIPO EM TANGENTE



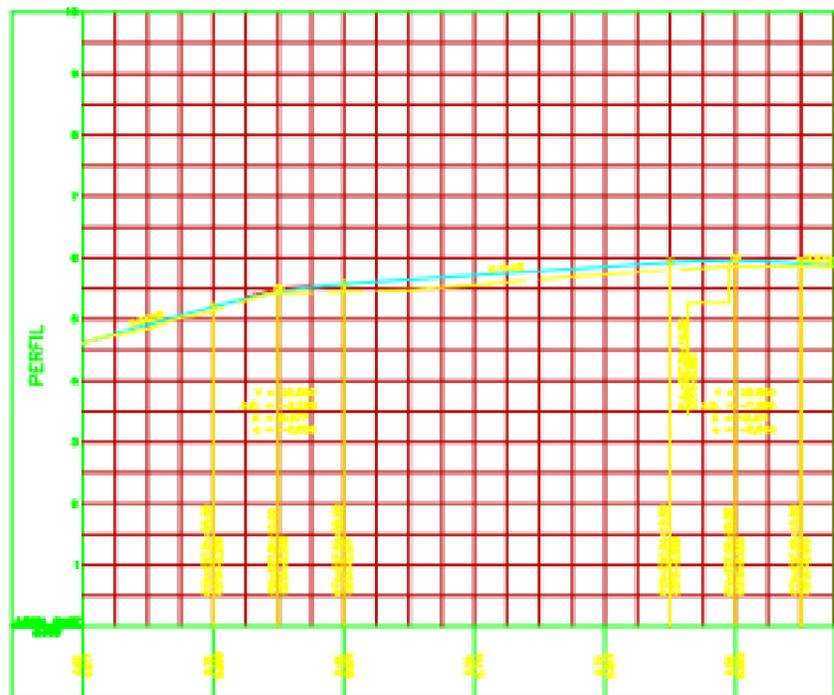
RUA JACINTO MAIA (FRENTE AO MERCADO)



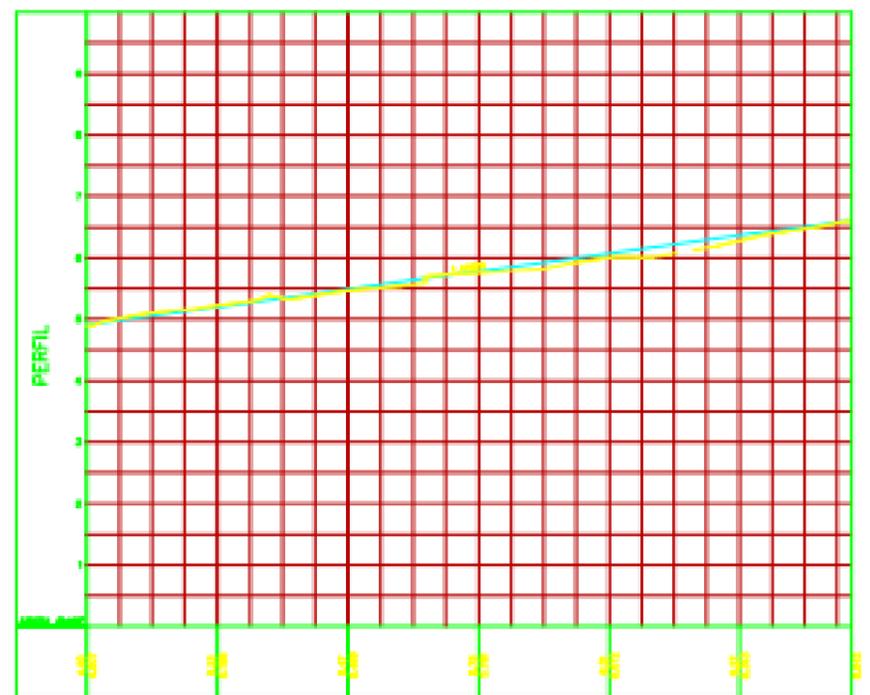
AVENIDA GUAXENDURA



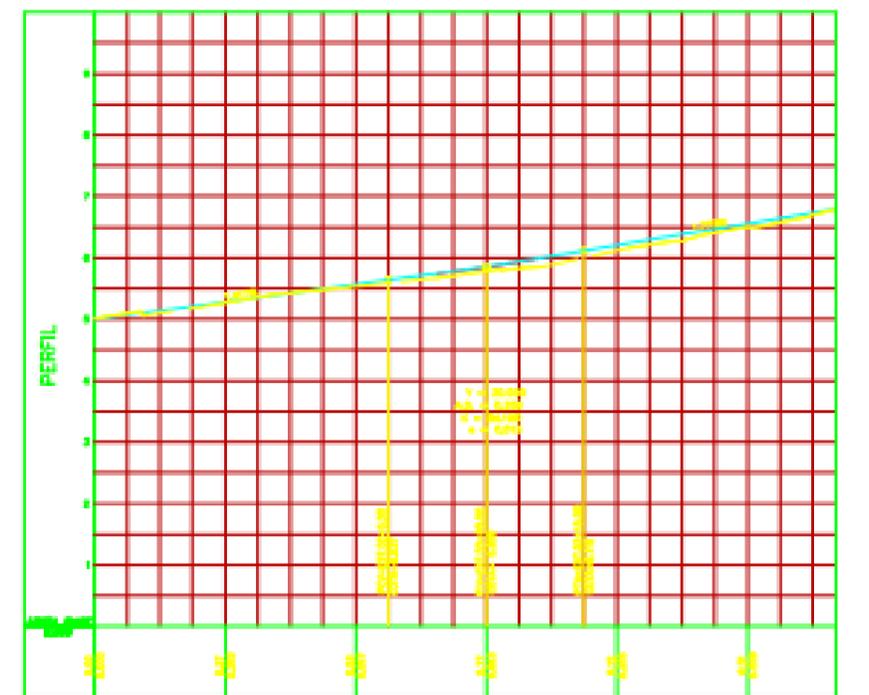
AVENIDA MAG. DE ALMEIDA



RUA INTERNA DO MERCADO



RUA PARALELA AO POSTO



RUA ANTONIO RAYOL

PENDÊNCIAS

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Descrição	Data

CONVENÇÕES:

- CURVA DE NÍVEL
- NOTA DE DESVIACÃO
- PCEB
- SENA
- MURTO CONCRETO/ALUMINUM
- DRENAGEM
- ANOEL
- PI 2000

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total

NOTAS GERAIS:

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LUÍS
SECRETARIA MUNICIPAL DE SERVIÇOS URBANOS - SEMUR

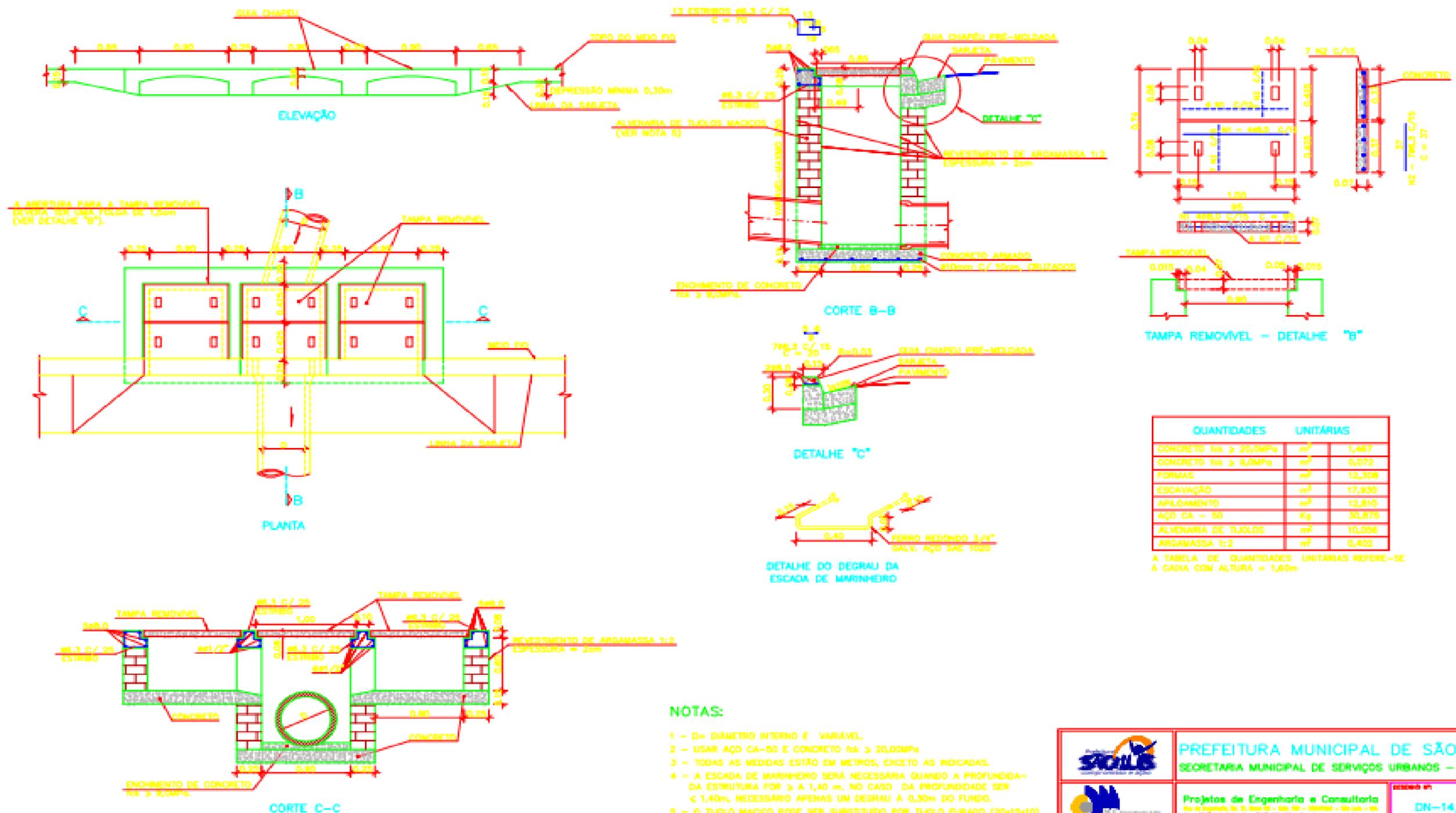
Projeto de Engenharia e Consultoria
CNPJ nº 07.040.201/0001-00 - São Luís - MA

PG-03/03

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA DRENAGEM NA ÁREA DO MERCADO CENTRAL E CANAL DO PORTINHO
PROJETO GEOMÉTRICO
10/2011

MARKETING:

BOCA DE LOBO TRIPLA

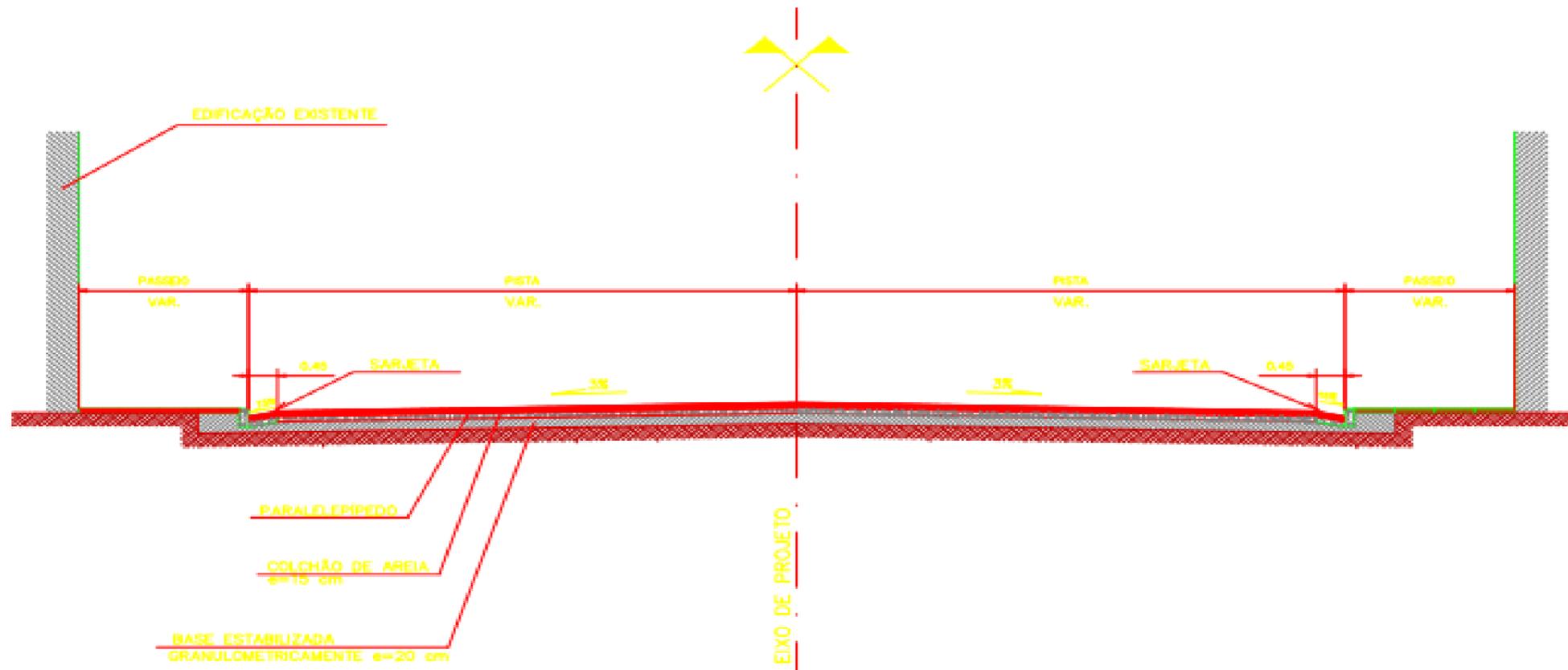


NOTAS:

- 1 - D= DIÁMETRO INTERNO É VARIÁVEL.
- 2 - USAR AÇO CA-50 E CONCRETO fck ≥ 20,0MPa
- 3 - TODAS AS MEDIDAS ESTÃO EM METROS, EXCETO AS INDICADAS.
- 4 - A ESCADA DE MARINHEIRO SERÁ NECESSÁRIA QUANDO A PROFUNDIDADE DA ESTRUTURA FOR > A 1,40 m. NO CASO DA PROFUNDIDADE SER < 1,40m, NECESSÁRIO APENAS UM DEGRAU A 0,30m DO FUNDO.
- 5 - O TIJOLO MADIÇO PODE SER SUBSTITUÍDO POR TIJOLO FURADO (20x15x10) PREENCHIDO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E SAIBRO 1:3.
- 6 - A BOCA DE LOBO TRIPLA DEVERÁ SER CONSTRUÍDA ADICIONANDO-SE UMA EXTENSÃO DO LADO ESQUERDO DA BOCA CENTRAL IGUAL A MONTADA PARA A BOCA DE LOBO DUPLA.

	PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LUÍS SECRETARIA MUNICIPAL DE SERVIÇOS URBANOS - SEMSUR	
	Projeto de Engenharia e Consultoria Rua do Comércio, 10 - 2º andar - São Luís - Maranhão - 65010-000 Fone (98) 224-222 Fone (98) 224-222 E-mail: engenharia@scs.com.br	RESOLUÇÃO Nº DN-14/30
PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA DRENAGEM NA ÁREA DO MERCADO CENTRAL E CANAL DO PORTINHO		
PROJETO DE DRENAGEM BOCA DE LOBO TRIPLA		
LOCAL: MERCADO CENTRAL	RESP. TÉCNICO: _____	
Rua do Comércio, 10 - 2º andar - São Luís - Maranhão - 65010-000		
PRESENTAÇÃO: _____	REVISÃO: _____	DATA: 14/03/2017

SEÇÃO TIPO EM TANGENTE



CONVENÇÕES :

- REVESTIMENTO (PARALELEPÉDRO)
- COLCHÃO DE AREIA
- BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

NOTAS GERAIS:

- 1 - A ESPESURA DO COLCHÃO DE AREIA PODERÁ SER REDUZIDA DE ACORDO COM APROVAÇÃO DA FISCALIZAÇÃO.
- 2 - A BASE GRANULOMETRICA DE 20 CM, PODERÁ SER SUPRIMIDA EM ALGUMAS RUAS, DE ACORDO COM APROVAÇÃO DA FISCALIZAÇÃO EM LÓCAIS ONDE, SE VERIFICAR A ESTABILIDADE DA ESTRUTURA EXISTENTE.
- 3 - MEDIDAS EM METROS
- 4 - VER DETALHES DAS OBRAS EM PLANTA.

	PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LUÍS SECRETARIA MUNICIPAL DE SERVIÇOS URBANOS – SEMSUR	
	Projeto de Engenharia e Consultoria <small>Rua do Comércio, 60, 7º Et. Box 20 - Centro - São Luís, MA Fone (98) 324-2281 Fax (98) 324-2281 E-mail: eng@projeto.com.br</small>	FOLHA Nº: PV-01/01
SERVIÇO: PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA DRENAGEM NA ÁREA DO MERCADO CENTRAL E CANAL DO PORTINHO		
TÍTULO: PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO SEÇÃO TIPO EM TANGENTE		
LOCAL: MERCADO CENTRAL	NBR: 60000	
PROJETISTA: LEONARDO VAS CONRADO	ESCALA: 1:500	DATA: Junho/2007

ANEXO D – PREFEITURA MUNICIPAL DE DE CURITIBA: NORMAS PARA PROJETO DE DRENAGEM (SECRETARIA MUNICIAPL DE OBRAS PÚBLICAS)



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 detenção deverá ser aprovado pela Secretaria Municipal de Obras Públicas - SMOP.

Art. 4.º Será obrigatória a implantação de reservatórios de detenção 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 detenção:

I - nos novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas, independente do uso e localização, que impermeabilizarem área igual ou superior a 3.000,00m² (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 detenção.

§2.º Para o dimensionamento do volume do reservatório de detenção 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 detenção deverão ser dimensionados para cada caso, podendo ser instaladas nas próprias áreas dos imóveis ou interligadas de forma a acumular as vazões das áreas adjacentes.

§1.º O dimensionamento do volume necessário para o reservatório de detenção 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 ³	25mm
3 a 6m ³	40mm
7 a 26m ³	50mm
27 a 60m ³	75mm
61 a 134m ³	100mm
135 a 355m ³	150mm
356 a 405m ³	200mm
406 a 800m ³	300mm
801 a 1300m ³	400mm
1301 a 2000m ³	500mm

Art. 7.º Os reservatórios de detenção, 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 detenção 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 detenção, 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.

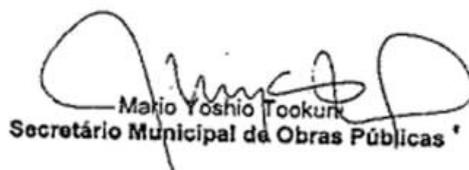
Art. 12 Os casos omissos serão analisados pelo Conselho Municipal de Urbanismo - CMU, ouvida a SMOP e a Secretaria Municipal do Meio Ambiente - SMMA.

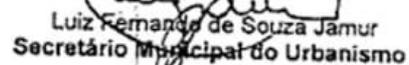
Art. 13 Este decreto entrará em vigor na data de sua publicação, revogado o Decreto n.º 791/2003.

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


Carlos Alberto Richa
Prefeito Municipal


José Antonio Andreghetto
Secretário Municipal do Meio Ambiente


Makio Yoshio Tookuri
Secretário Municipal de Obras Públicas


Luiz Fernando de Souza Jamur
Secretário Municipal do Urbanismo



Relatório gerado por: eng.civil.fabiomartins@gmail.com

Arquivos	Termos comuns	Similaridade
FABIO SANTOS MARTINS TCC 2.docx X https://docs.ufpr.br/~bleninger/dissertacoes/085-Edu_Jose_Franco.pdf	735	2,28
FABIO SANTOS MARTINS TCC 2.docx X http://www.hidromundo.com.br/metodo-racional	95	0,65
FABIO SANTOS MARTINS TCC 2.docx X https://www.passeidireto.com/arquivo/16639009/21-hidrologia-tucci-cap-21/8	83	0,57
FABIO SANTOS MARTINS TCC 2.docx X https://boaspraticasagronicas.com.br/boas-praticas/irrigacao	84	0,53
FABIO SANTOS MARTINS TCC 2.docx X https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/irrigacao.htm	64	0,42
FABIO SANTOS MARTINS TCC 2.docx X https://brasilecola.uol.com.br/filosofia/racionalismo.htm	15	0,1
FABIO SANTOS MARTINS TCC 2.docx X https://escola.britannica.com.br/artigo/inundação/481292	0	0
FABIO SANTOS MARTINS TCC 2.docx X https://www.ft.unicamp.br/~hiroshiy/ST - 306/METODO RACIONAL - 2008 ATUALIZADO.pdf	- Download falhou. HTTP response code: - Connection timed out: connect	
FABIO SANTOS MARTINS TCC 2.docx X https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/5048/1/ThayaneLGS_MONO.pdf	0	0
FABIO SANTOS MARTINS TCC 2.docx X http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1489/1/PB_DACOC_2013_1_06.pdf		- Conversão falhou