

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL - GUARAPUAVA
ENGENHARIA CIVIL**

YASSANA CARISSA FRITSCH CARARO

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE
MICRORRESERVATÓRIOS DE LOTE COMO MEDIDA
COMPENSATÓRIA DE DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GUARAPUAVA

2019

YASSANA CARISSA FRITSCH CARARO

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE
MICRORRESERVATÓRIOS DE LOTE COMO MEDIDA
COMPENSATÓRIA DE DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelem Engenharia Civil, da Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Joice Cristini Kuritza

GUARAPUAVA

2019

ATA DA DEFESA

Realizou-se no dia **03**, de **dezembro** de 2019, às **13 h 30 min**, no Campus Guarapuava da UTFPR, a defesa Trabalho de Conclusão de Curso, como requisito parcial para aprovação da aluna **Yassana Carissa Fritsch Cararo**, na disciplina de TCC2 do Curso de Engenharia Civil intitulado: **Avaliação da viabilidade de implantação de microrreservatórios de lote como medida compensatória de drenagem urbana: estudo de caso**

A Banca foi composta pelo Presidente:

Joice Cristini Kuritza (Orientador), e pelos seguintes membros:

Mariane Kempka

Rodrigo Scoczynski Ribeiro

Guarapuava, 03 de dezembro de 2019

“A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

Dedico este trabalho, impreterivelmente, a minha família. Dedico também a todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram na conclusão de mais uma etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio. O amor e carinho, além da força e apoio, certamente foram fundamentais ao longo de todos estes anos.

Agradeço a minha orientadora Prof. Dra. Joice Cristini Kuritza, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória. A dedicação e interesse demonstrados, além das orientações e correções, foram fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

Aos meus colegas de sala.

Aos professores que estiveram presentes em minha trajetória acadêmica.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste estudo.

A água é o princípio de todas as coisas.
(Tales de Mileto)

RESUMO

CARARO, Yassana C. F. **Avaliação da viabilidade de implantação de microrreservatórios de lote como medida compensatória de drenagem urbana: estudo de caso.** 2019. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2019.

O crescimento acelerado e desordenado das cidades tem causado muitos problemas decorrentes das modificações do uso e ocupação do solo. Com relação aos recursos hídricos, estes podem ser muito sensíveis às mudanças impostas pela urbanização das bacias hidrográficas, que causam impactos negativos no ciclo hidrológico com aumento, maior severidade e frequência das inundações e também da degradação do ambiente urbano. À medida que a cidade se urbaniza e se impermeabiliza, vários são os fatores atuantes no sentido de provocar ou agravar as inundações urbanas. Na tentativa de contornar ou amenizar estes problemas, muitos estudos têm buscado soluções que compensem os efeitos da urbanização e controlem as cheias, de modo a diminuir os prejuízos financeiros causados. Estas soluções são denominadas técnicas compensatórias e têm como objetivo manter o ciclo hidrológico mais próximo do natural da bacia, especialmente no que tange as taxas de escoamento superficial. A aplicação de medidas de controle na fonte tem o propósito de redução e detenção do escoamento pluvial, antes deste ingressar no sistema de drenagem. Dentre as técnicas compensatórias, os microrreservatórios de lote têm amplo potencial de utilização, objetivam armazenar uma parcela da precipitação em reservatórios e, com isso, diminuir e retardar os picos de escoamento superficial. O presente trabalho buscou dimensionar e avaliar os custos desses microrreservatórios em uma área de risco na bacia do rio Marrecas no município de Francisco Beltrão-PR, o qual sofre inundações cada vez mais severas desde os tempos de sua colonização. O dimensionamento foi realizado com base em três métodos distintos, indicou-se a viabilidade de utilização desta medida para a região analisada, visto a baixa incidência do seu custo em relação aos custos de construção das edificações.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Medidas compensatórias. Microrreservatórios de lote.

ABSTRACT

CARARO, Yassana C. F. **Feasibility assessment of implantation of batch micro-reservoirs as compensatory measure of urban drainage**: case study. 2019. 75 f. Work of Conclusion Course in Civil Engineering- Federal Technology University - Paraná. Guarapuava, 2019.

The rapid and disordered growth of cities has many problems with land use and occupation changes. With regard to water resources, they can be greatly affected by the changes imposed by the urbanization of the watersheds, which impacts on the hydrological cycle with increasing, greater severity and frequency of floods and also degradation of the urban environment. As the city becomes urbanized and waterproofed, there are many factors that act meaninglessly to cause or aggravate urban flooding. In an attempt to circumvent or alleviate these problems, many studies experiment with solutions that compensate for the effects of urbanization and control flooding to reduce the economic damage caused. These solutions are called compensatory techniques and aim to keep the hydrological cycle closer to the natural basin, especially with regard to runoff rates. The application of control measures at the source has the objective of reducing and preventing the runoff before this entry into the drainage system. Among the compensatory techniques, the batch micro-reservoirs with wide use potential aim to store a portion of the deposits in reservoirs and, thus, reduce and delay the surface runoff peaks. The present work seeks to measure and evaluate the costs of these micro-reservoirs in a risk area in the Marrecas River basin in the municipality of Francisco Beltrão-PR, or the one that has been experiencing increasingly severe flooding since the time of its colonization. The design was performed based on three distinct methods, indicating the feasibility of using this measure for the analyzed region, with a low incidence of its cost in relation to the construction costs of buildings

Keywords: Urban drainage. Compensatory measures. Batch micro-reservoirs.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	14
1.2.1 Objetivo Principal.....	14
1.2.2 Objetivos Secundários	14
2 DRENAGEM URBANA	15
2.1 INUNDAÇÕES URBANAS.....	20
2.2 MEDIDAS COMPENSATÓRIAS.....	23
2.2.1 Medidas de Infiltração.....	24
2.2.2 Medidas de Armazenamento	25
2.3 MICRORRESERVATÓRIOS DE LOTE.....	26
2.3.1 Caracterização dos Microrreservatórios de Lote	27
2.3.2 Dimensionamento dos Microrreservatórios de Lote	27
2.3.2.1 Método Racional.....	28
2.3.2.2 Método Código de obras municipal.....	32
2.3.2.3 Estudo de Cruz (1998).....	33
2.4 A BACIA HIDROGRÁFICA	34
3 METODOLOGIA	41
3.1 ANÁLISE DA ÁREA DE ESTUDO	41
3.1.1 Justificativa Da Escolha Da Área De Estudo.....	41
3.1.2 Caracterização Da Área De Estudo	42
3.2 DIMENSIONAMENTO DOS MICRORRESERVATÓRIOS.....	42
3.2.1 Método Racional.....	43
3.2.2 Método Código de obras municipal.....	44
3.2.3 Estudo de Cruz (1998).....	44
3.3 ESTIMATIVA DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS MICRORRESERVATÓRIOS.....	44
4 DISCUSSÕES E RESULTADOS	46
4.1 ESTRATIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	46
4.2 DIMENSIONAMENTO DOS MICRORRESERVATÓRIOS.....	46
4.2.1 Método Racional.....	47
4.2.2 Método Código de obras municipal.....	49
4.2.3 Estudo de Cruz (1998).....	49
4.3 ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS MICRORRESERVATÓRIOS.....	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	56
APÊNDICES	60
APÊNDICE A – ÁREA DE ESTUDO DO TRABALHO	61

APÊNDICE B – PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS DOS MICRORRESERVATÓRIOS DE LOTE	62
APÊNDICE C – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS MICRORRESERVATÓRIOS DE LOTE	69
ANEXOS.....	71
ANEXO A – MAPA DE ALERTA DE ENCHENTES DE FRANCISCO BELTRÃO-PR 72	
ANEXO B – MAPA DE DENSIDADE POPULACIONAL DE FRANCISCO BELTRÃO-PR	73
ANEXO C – MAPA DE DENSIDADE CONSTRUÍDA DE FRANCISCO BELTRÃO-PR.....	74
ANEXO D – MAPA DE DECLIVIDADES DE FRANCISCO BELTRÃO-PR	75

1 INTRODUÇÃO

O processo de expansão dos centros urbanos, aliado a falta de planejamento do ambiente, pode trazer consequências significativas à população, dentre elas inundações e alagamentos. No Brasil, o crescimento acelerado dos últimos anos, com alta variação da taxa de urbanização, em torno de 50% em um período de dez anos, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,2010), trouxe inúmeras consequências negativas como a sobrecarga nos sistemas de drenagem desses espaços.

Ao adequar o espaço às suas necessidades, o homem altera diretamente algumas características importantes do ambiente o que pode prejudicar os recursos naturais a sua volta. No processo de expansão de uma cidade, se altera significativamente a cobertura vegetal e as propriedades do solo, principalmente, as taxas de impermeabilização. Essas modificações influenciam diretamente nos processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica, diminuem as taxas de infiltração e aumentam o escoamento superficial, contribuindo com os processos de alagamentos e sobrecarga das estruturas de microdrenagem e macrodrenagem das cidades (ROBAINA, 2008).

Em geral, uma rede de drenagem é composta por um sistema de linhas de água naturais e drenos artificiais interligados. Esses drenos artificiais, dependendo da área da bacia a ser drenada, podem ser constituídos, entre outros, por valetas, valas, canais, tubos de drenagem perfurados e galerias. A intensiva impermeabilização dos ambientes e a alteração da cobertura vegetal, tornam menor o volume total de água infiltrado no solo, de modo que é necessário aumentar a capacidade de escoamento da água da chuva por estruturas que, por vezes, não suportam tal volume e extravasam, causando alagamentos (MARTINS, 2010).

No Brasil, de acordo com IBGE (2010), em 2010, cerca de oito milhões de pessoas viviam em áreas com risco potencial de inundações e deslizamentos de terra. O estudo mostrou que as regiões com maiores concentrações de pessoas são, também, as regiões com maior população em áreas de risco. Isso se deve, principalmente, a falta de controle e planejamento dos ambientes que não preveem uma expansão tão acelerada de sua população.

De acordo com o mesmo estudo, na região sul do Brasil¹, cerca de 6% da população dos municípios monitorados estavam localizados em áreas de risco, porém, sabe-se que esse percentual tende a crescer proporcionalmente ao crescimento das cidades (IBGE, 2010).

Algumas medidas compensatórias são indicadas para contribuir com os sistemas clássicos de drenagem urbana e contornar o problema de alagamentos. Essas medidas são classificadas em *estruturais* e *não estruturais*. As medidas não estruturais buscam, basicamente, disciplinar a ocupação territorial, o comportamento de consumo das pessoas e as atividades econômicas. Já as medidas estruturais dizem respeito às obras de engenharia e são subdivididas em medidas extensivas, intervenções na bacia que modificam as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchentes e controla a erosão da bacia, e medidas intensivas, que agem no rio e podem: acelerar o escoamento (construção de diques, aumento da capacidade de descarga dos rios e corte de meandros), retardar o escoamento (reservatórios e bacias de amortecimento) ou desviar o escoamento através de canais ou desvios (TUCCI, 1997).

Dentre as medidas compensatórias, os *microrreservatórios de lote* têm amplo potencial de utilização, objetivam armazenar uma parcela da precipitação em reservatórios e, com isso, diminuir e retardar os picos de escoamento superficial. Em tese, possuem vantagens em relação a outras medidas que podem ser implantadas como a flexibilidade de construção, já que podem ser de concreto armado, alvenaria ou fibrocimento, além de permitir uma base para o controle da qualidade da água (AGRA, 2001).

Ao buscar maneiras de se resolver determinado problema deve-se analisar as medidas tomadas anteriormente e pesquisar por novas hipóteses. Ao tratar de problemas relacionados à drenagem urbana, os microrreservatórios de lote, propostos há tempo na literatura, são ainda pouco utilizados na prática. Essa medida é considerada pertinente visto que, frente a outras propostas que demandam intervenções do poder público e apresentam alto valor agregado, os microrreservatórios de lote são construções individuais que podem ser aplicadas nas residências ou edificação de acordo com a vontade do proprietário.

¹A região Sul do Brasil é a região onde se localiza Francisco Beltrão-PR, município analisado nesse trabalho.

Além disso, como já supracitado, segundo os dados do IBGE (2010), em 2010, mais de 8 milhões de pessoas viviam em áreas com risco potencial de enchentes e deslizamentos de terra, em 872 municípios no país. Dessa população, 9,2% eram crianças menores de cinco anos e 8,5% idosos com 60 anos ou mais, uma população que possui maior grau de vulnerabilidade a doenças relacionadas com problemas climáticos e catástrofes ambientais. Ainda, o levantamento mostra que a proporção de municípios afetados pelos desastres naturais é mais alta nas áreas urbanas, devido a construção de moradias, rodovias e outras obras que interferem na drenagem da água das chuvas e nos processos erosivos.

Nesse sentido, a escolha do município de Francisco Beltrão, PR, para aplicação do estudo de caso se motivou pelo alto número de inundações que o município vem enfrentando desde os tempos iniciais de sua urbanização. As inundações no município têm se tornado cada vez mais frequentes, induzidas, entre outros fatores, pelo acelerado crescimento da região urbana e a alta devastação das áreas de preservação permanente.

De acordo com estudos realizados no Plano Diretor Municipal (PDM) da prefeitura de Francisco Beltrão, a bacia do rio Marrecas², em quase sua totalidade, é circundada por áreas de risco de inundações. Algumas intervenções foram realizadas pelo poder municipal, como a dragagem de alguns afluentes do rio Marrecas e há projetos para readequação da bacia, porém, são projetos de grande porte que demandam custos altos, o que pode inviabilizar sua execução pelo poder municipal.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O estudo busca avaliar a viabilidade de implantação dos microrreservatórios de lote, os quais podem contribuir para diminuição da ocorrência de inundações. Esse estudo se dará por meio de pesquisa bibliográfica, análise de custos e estudo de caso na bacia do rio Marrecas, localizada no município de Francisco Beltrão-PR.

²O rio Marrecas é o principal rio do município de Francisco Beltrão-PR. É fonte do abastecimento de água do referido município e sofre com enchentes periódicas. Nas seções seguintes será tratado com maior detalhamento.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e serão apresentados nas seções seguintes.

Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é avaliar os aspectos técnicos, econômicos e ambientais da implantação de microrreservatórios de lote para a diminuição de inundações urbanas.

Objetivos Secundários

Para que se atinja o objetivo principal da pesquisa, se definem os seguintes objetivos secundários:

- Dimensionar microrreservatórios de lote para os lotes constituintes da área de estudo;
- Determinar os custos de implantação dos microrreservatórios de lote na região de estudo;
- Avaliar a viabilidade econômica de implantação dos microrreservatórios de lote na região de estudo.

2 DRENAGEM URBANA

O sistema de drenagem urbana de um município compõe o conjunto de serviços de saneamento básico, juntamente com o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza e manejo de resíduos sólidos.

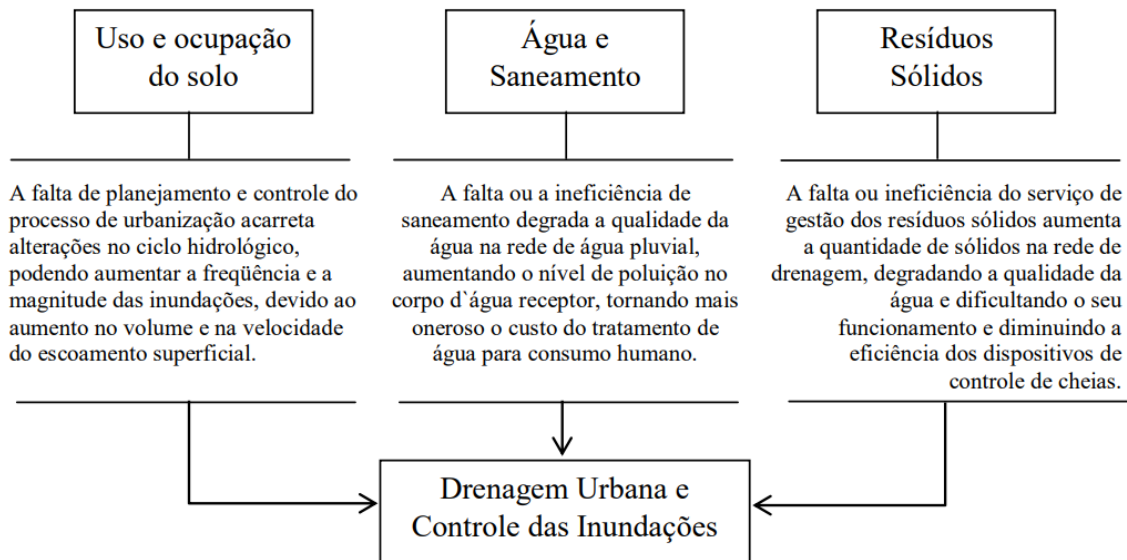
De acordo com a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas são constituídos pelas atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contemplando a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.

As condições de saneamento básico combinadas com políticas públicas eficazes como as de saúde, habitação e educação diminuem a incidência de doenças, em outras palavras, um serviço de saneamento básico eficiente aumenta a qualidade de vida da população.

Nesse sentido, o sistema de drenagem urbana tem papel fundamental na infraestrutura e no saneamento de um município, visto que, sua função é remover o excesso de águas pluviais não infiltradas no solo, da forma mais eficiente possível, visando atenuar riscos de alagamentos, de inundações ou de veiculação de doenças pelas águas contaminadas (FILHO, 2017).

Canholi (2014) cita que a não consideração dos efeitos de um sistema sobre o ambiente urbano pode reduzir a eficácia de outros sistemas e até mesmo inviabilizar o seu funcionamento, como é o caso do sistema de drenagem com os demais serviços. Rezende (2010), através de um diagrama, como visto na figura 1, estabelece essa relação, onde a falta dos demais componentes do sistema de saneamento básico pode interferir diretamente no manejo das águas pluviais.

Figura 1- Relação do sistema de drenagem urbana com outros sistemas



Fonte: Rezende (2010, p. 38)

De acordo com Miguez, Veról e Rezende (2016), o sistema de drenagem urbana se constitui, basicamente, de dois subsistemas característicos: *macro drenagem* e *micro drenagem*.

A macro drenagem corresponde a hidrografia natural de uma bacia e aos canais naturais ou artificiais responsáveis pela condução das águas e, em geral, é nesse subsistema que são realizadas grandes intervenções hidráulicas como exemplo, aumentar a capacidade de escoamento dos canais e reduzir as áreas de alagamento. Já a micro drenagem se constitui da drenagem de lotes urbanos e áreas públicas e visa direcionar as águas precipitadas, convencionalmente, o mais rápido possível para a rede principal, ou seja, à macro drenagem (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Dentro desses dois subsistemas, os projetos de controle de inundações podem prever medidas estruturais e medidas não estruturais.

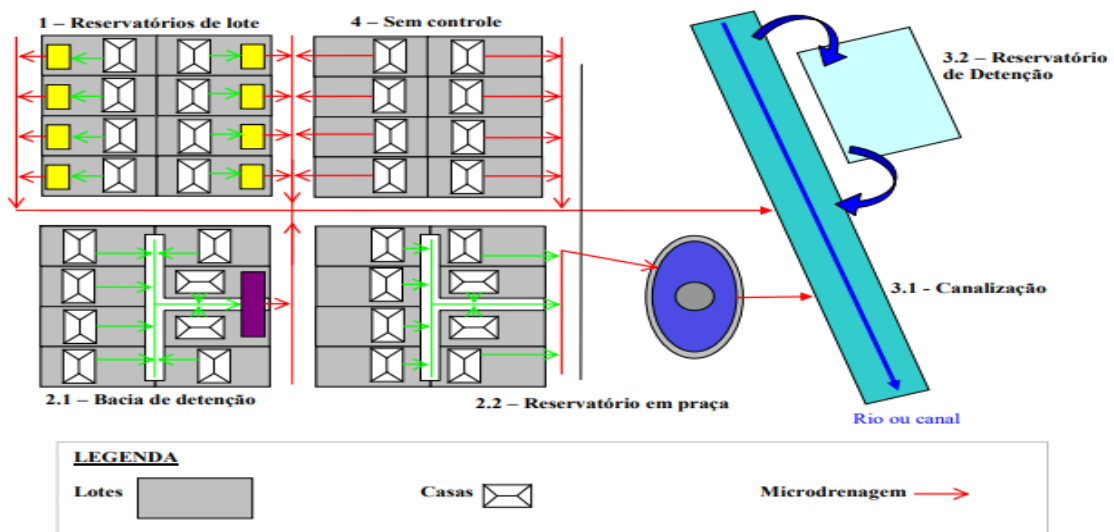
As medidas estruturais, segundo Canholi (2014), compreendem as obras de engenharia, que podem ser classificadas como medidas intensivas e extensivas. As medidas intensivas podem ser de aceleração do escoamento (canalização e obras correlatas), de retardamento do fluxo (bacias de detenção/retenção, restauração de calhas naturais), de desvio do escoamento (túneis de derivação e canais de desvio) e que englobem a introdução de ações individuais que visam tornar as edificações à prova de enchentes. As medidas extensivas dizem respeito aos pequenos

armazenamentos na bacia, à recomposição da cobertura vegetal e ao controle de erosão no solo.

Tucci (1995) classifica, ainda, as medidas estruturais de acordo com sua atuação na bacia em medidas distribuídas, entendidas como medidas de controle que atuam sobre o lote, praças e passeios e são, também, conhecidas como controle na fonte; na microdrenagem que são medidas que agem sobre o hidrograma resultante de um ou mais lotes e na macrodrenagem que são medidas de controle que atuam sobre os rios e canais.

Alguns tipos de medidas estruturais de acordo com a sua atuação podem ser observados na figura 2.

Figura 2- Exemplos de medidas estruturais de acordo com o local de atuação: 1- Distribuídas, 2- Na microdrenagem, 3- Na macrodrenagem



Fonte: Rezende (2010, p. 20)

As medidas não estruturais, também segundo Canholi (2014), são técnicas que buscam organizar a ocupação territorial e o comportamento das pessoas através de ações de regulamentação do uso e ocupação do solo, educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo, seguro-inundação e sistemas de previsão de inundações.

O quadro apresentado na figura 3, aborda, de forma sintetizada a categorização citada, na perspectiva de Miguez, Veról e Rezende (2016).

Figura 3- Medidas para o controle de inundações

ESTRUTURAIS	Extensivas (hidrológicas)	Agem na bacia, modificando as relações entre precipitação e vazão.	
	Intensivas (hidráulicas)	Agem diretamente na calha do rio, modificando as grandezas hidráulicas e características hidrodinâmicas do escoamento.	Aceleram o escoamento.
			Retardam o escoamento.
NÃO ESTRUTURAIS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Preservação da cobertura vegetal – Florestas e matas ciliares. ▪ Regulamentação do uso do solo e zoneamento das áreas de inundação. ▪ Construção à prova de inundações. ▪ Seguro-inundação. ▪ Sistema de previsão e alerta de inundações. ▪ Educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa. 		

Fonte: Miguez, Veról e Rezende - adaptado (2016, p. 107)

Tanto as medidas estruturais como as medidas não-estruturais podem ser divididas em dois grandes grupos de soluções, de acordo com a finalidade de cada medida, as medidas de canalização ou medidas de reservação. Walesh (1989) apud Canholi (2014) cita a categorização dos projetos de controle de inundação nessas duas linhas principais, de acordo com efeito esperado na bacia, em canalização, voltada a implantação e canais de concreto e em reservação, voltada para a utilização de reservatórios. Na figura 4, apresenta-se um quadro comparativo entre os conceitos de canalização e reservação.

Rezende (2010), neste mesmo contexto, classifica as soluções técnicas para o controle das inundações em duas correntes de pensamento, técnica convencional ou de canalização e técnica preservacionista ou compensatória, a qual será discutida futuramente neste trabalho.

Figura 4- Conceitos de canalização e reservação

CARACTERÍSTICAS	CANALIZAÇÃO	RESERVAÇÃO
Função	Remoção rápida dos escoamentos	Contenção temporária para subsequente liberação
Componentes principais	Canais abertos/galerias	Reservatórios a superfície livre Reservatórios subterrâneos Retenção superficial
Aplicabilidade	Instalação em áreas novas Construção por fases Ampliação de capacidade pode se tornar difícil	Áreas novas (em implantação) Construção por fases Áreas existentes (à superfície ou subterrânea)
Impacto nos trechos de jusante (quantidade)	Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior Maiores obras nos sistemas de jusante	Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões a jusante compatíveis com capacidade disponível
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda carga poluente afluente	Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação dos reservatórios e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação
Manutenção/operação	Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo) Manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso)	Necessária limpeza periódica Necessária fiscalização Sistemas de bombeamento requerem operação/manutenção Desinfecção eventual (insetos)
Estudos hidrológicos/hidráulicos	Requer definição dos picos de enchente	Requer definição dos hidrogramas (volume das enchentes)

Fonte: Canholi - adaptado (2014, p. 32)

A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, através da integralidade dos serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais, tem por objetivo fornecer o acesso a conformidade de suas necessidades, maximizando a eficácia das ações e resultados, ou seja, através desta Lei, estabelece-se as diretrizes nacionais e os princípios para a universalização do acesso ao saneamento.

A Política Federal de Saneamento Básico estabelece que todo município deve elaborar um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), contemplando os serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais com objetivo de apresentar o diagnóstico do saneamento básico no território do município e definir o planejamento para o setor.

Este plano torna-se ainda mais importante com o decreto nº 7.217/2010, o qual determina que, a partir de 2018, os municípios só receberão os recursos da União, destinados ao investimento em saneamento básico, caso tenham elaborado o PMSB.

Essa medida valoriza esse documento que é de suma importância para eficiência do sistema urbano, tornando-o um referencial para a obtenção de financiamentos.

Além disto, especialmente sobre a drenagem urbana, há o Plano de Manejo de Águas Pluviais que, de acordo com o Ministério das Cidades (2012), é uma ferramenta de planejamento que possibilita implantar soluções efetivas de baixo impacto e trazem ao município benefícios tangíveis e duradouros. Para Canholi (2014) alguns objetivos do plano de drenagem urbana são reduzir os prejuízos decorrentes das inundações, melhorar as condições de saúde da população e do meio ambiente urbano, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais, planejar os mecanismos de gestão urbana para o manejo sustentável das águas pluviais e da rede hidrográfica do município, planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de evolução da ocupação urbana, ordenar a ocupação das áreas de risco de inundação por meio de regulamentação, restituir parcialmente o ciclo hidrológico natural reduzindo ou mitigando os impactos da urbanização. Compõem-se assim, um programa de investimentos de curto, médio e longo prazo.

2.1 INUNDAÇÕES URBANAS

Uma bacia hidrográfica natural tem seu comportamento definido pelo ciclo hidrológico natural, representado na figura 5, e apresenta uma configuração equilibrada com bosques protegendo o escoamento em encostas, vegetação ciliar protegendo as margens dos rios, os processos de infiltração favorecendo a recarga dos lençóis e garantindo uma vazão de base (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Figura 5- Representação do ciclo hidrológico

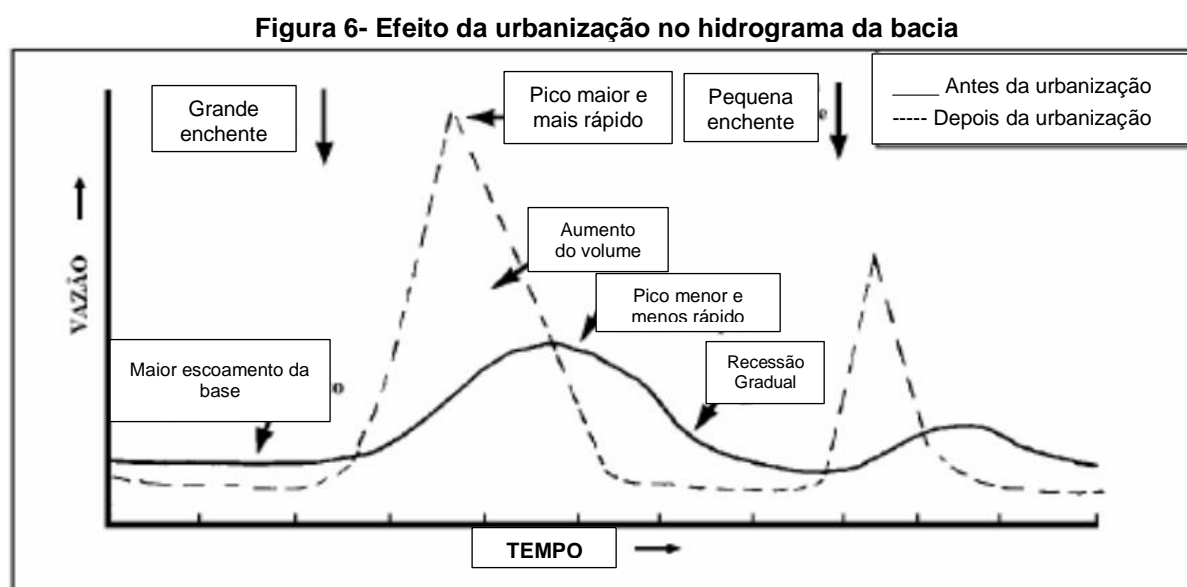


Fonte: Braga *et al* (2005, p. 35)

Na região urbana, contudo, as modificações causadas pelo processo de ocupação do solo tendem a contribuir para a degradação dos recursos naturais. De acordo com Miguez e Magalhães (2010), as áreas a serem ocupadas primeiramente são as mais planas, próximas ao rio, por facilidade de construção de habitações. A urbanização se desenvolve a partir daí em direção às encostas.

A partir do processo de ocupação, da modificação do espaço, da retirada de vegetação e da impermeabilização da superfície, a resposta hidrológica da bacia é modificada. Reduz-se a capacidade de infiltração e elimina-se as retenções pela regularização da superfície, o que causa o aceleração do escoamento superficial (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). Na figura 6, Schueler (1987)³ *apud* Miguez, Veról e Rezende (2010), demonstrou o efeito da urbanização no hidrograma da bacia.

Um dos resultados destas alterações é o agravamento das inundações nas regiões urbanas. As inundações, por sua vez, são responsáveis pela degradação do ambiente urbano construído, geram danos às edificações e aos equipamentos urbanos, desvalorizam áreas sujeitas às inundações, geram perdas associadas à paralização de serviços, interrompem a circulação de pedestres e sistemas de transporte e, ainda, difundem doenças de veiculação hídrica.



Fonte: Schueler³ (1987) *apud* Miguez, Veról e Rezende (2010, p. 71)

³ Schueler, T. 1987. Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urban BMPs. Metropolitan Washington Council of Governments.

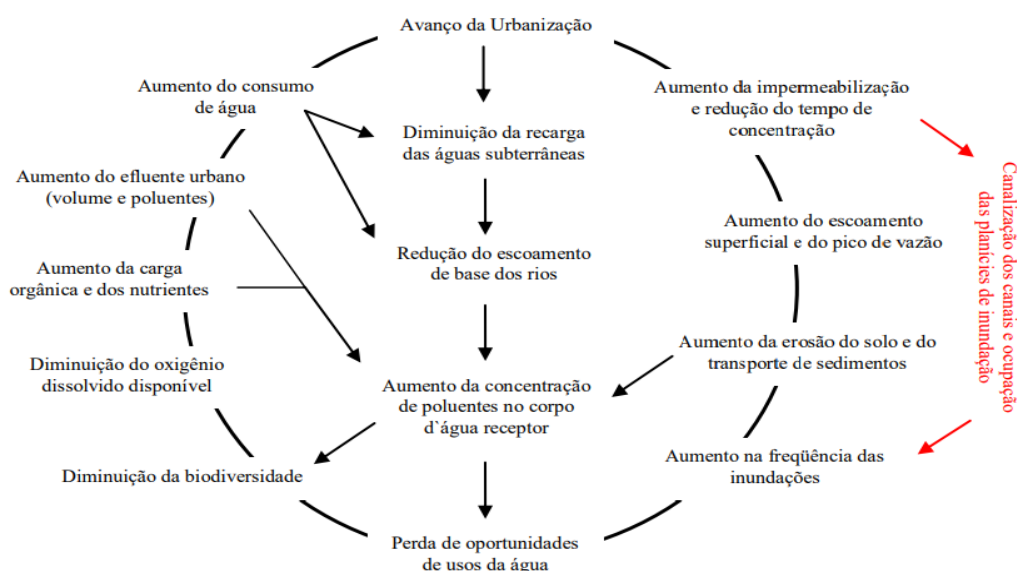
Leopold (1968) apud Miguez, Veról e Rezende (2016), agrupa os impactos da urbanização em uma bacia hidrográfica em três grupos: *impactos na quantidade, impactos na qualidade e impactos no valor ambiental da bacia*.

Os impactos na quantidade relacionam-se à porcentagem da área impermeável na bacia. O aumento da impermeabilização do solo leva ao aumento do volume de escoamento superficial que aumenta os picos de cheia nas épocas de fortes chuvas e diminui a vazão de base nas épocas secas.

Os impactos na qualidade são gerados mesmo em situações com cobertura total e eficiente de tratamento de esgotos urbanos, pois a lavagem da superfície urbanizada pelas chuvas carrega para os corpos d'água inúmeros tipos de poluentes como combustíveis e óleos e também uma considerável quantidade de carga orgânica, impactando na qualidade da água dos corpos hídricos.

Os impactos no valor ambiental são causados por instabilidade do canal (a mudança no regime de escoamento gera instabilidade do canal que tende a apresentar margens instáveis e sem vegetação, leito assoreado e com lodo e acúmulo de sedimentos e detritos), acúmulo de lixo nos canais e nas planícies e desequilíbrio da biota aquática (o aumento de nutrientes favorece o crescimento de algas, aumentam a turbidez da água e geram odores desagradáveis). Na figura 7 encontra-se uma representação esquemática dos impactos da urbanização no ciclo hidrológico natural.

Figura 7- Impactos da urbanização da bacia hidrográfica no ciclo da água



Fonte: Chocat et al⁴ (2007) apud Rezende (2010, p. 15)

Assim, pode-se dizer que os impactos produzidos pelo avanço da urbanização implicam diretamente na modificação do ciclo hidrológico natural, fazendo com que, ao final, ocorra a perda de oportunidades de usos da água pois sua disponibilidade é afetada em termos de qualidade e quantidade durante o processo.

Assim, diversas alternativas de projetos urbanos vêm sendo propostas a fim de reduzir os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico. Neste sentido, destacam-se as medidas compensatórias que permeiam o conceito de drenagem sustentável e surgem como uma alternativa, ou até mesmo complementação, para a drenagem convencional.

2.2 MEDIDAS COMPENSATÓRIAS

Em um projeto convencional, o princípio da drenagem estabelece que as águas pluviais devem ser captadas, conduzidas e descarregadas, ou seja, o objetivo é escoar rapidamente as águas oriundas de precipitações para garantir a segurança de determinada área provocando a aceleração dos escoamentos. Em contrapartida a este princípio, surge a ideia de medidas que retardem o escoamento, diminuindo as vazões

⁴ CHOCAT, B et al., 2007, Toward the Sustainable Management of Urban Storm-Water. Indoor and Built Environment: International Society of the Built Environment, p. 273-285.

de pico. Estas medidas são entendidas como medidas compensatórias e são subdivididas em medidas de infiltração e medidas de armazenamento.

Medidas de Infiltração

As medidas de infiltração, como o nome sugere, visam favorecer a infiltração da água no solo, diminuem o escoamento superficial e, conseqüentemente reduzem o risco de inundações. Dentre essas medidas se destacam, de acordo com Miguez, Veról e Rezende (2016), os pavimentos permeáveis, as valas e trincheiras de infiltração e também os telhados verdes.

Os pavimentos permeáveis são uma alternativa ao uso de superfícies impermeáveis tradicionais como o asfalto e o concreto que ocupam grande parte das áreas urbanas. Estes pavimentos podem ser de asfalto poroso, concreto poroso ou de blocos de concreto vazado preenchidos com material granular, permitindo a infiltração para um reservatório localizado sob a superfície do terreno antes da infiltração no solo (URBONAS⁵, 2000 *apud* BEUX E OTTONI, 2015).

De acordo com Tominaga (2013), os pavimentos permeáveis são indicados, principalmente, para áreas com tráfego leve como estacionamentos e condomínios residenciais.

Em estudo realizado por Araújo, Tucci e Goldenfum (2000), onde o objetivo era a análise comparativa entre pavimentos impermeáveis, semi-permeáveis e permeáveis, comprovou-se a eficiência da técnica de medidas de infiltração.

Ao testar dois tipos de cada pavimento, no caso do pavimento permeável, se utilizando de blocos vazados e concreto poroso, verificou-se que no pavimento impermeável houve um aumento de 44% do escoamento superficial em comparação a uma superfície de solo compactado, e um aumento de 22% no caso do pavimento semipermeável. E, por questões de resistência e manutenção, os autores sugerem sua utilização em estacionamentos de veículos leves como em estacionamentos de *shopping centers* e supermercados. Além disso, outra limitação encontrada no estudo é o custo por metro quadrado, mais oneroso do pavimento permeável comparado aos

⁵ URBONAS, B. Assessment of Stormwater Best Management Practice Effectiveness (Chapter 7). In: Innovative Urban Wet-Weather Flow Management Systems, Field, R., J.P. Heaney, and R. Pitt, (editors). U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. EPA/600/R-99/029. 2000.

outros tipos de pavimentos, porém, os autores indicam que esse custo pode ser compensado pela redução da drenagem resultante da área, visto que grande parte do volume de escoamento se infiltrará.

Outra técnica comumente utilizada é as valas de infiltração que têm como principal objetivo transportar o escoamento superficial ao longo de estradas, podendo também, contribuir para a redução da velocidade do escoamento superficial e para o aumento do tempo de concentração e da infiltração. As chamadas trincheiras de infiltração têm como princípio de funcionamento armazenar a água por um tempo suficiente para que possa infiltrar no solo, reduzindo o escoamento (TUCCI, 1998).

Os telhados verdes também são uma técnica muito debatida visto que, além de reduzir o volume de água escoado, contribui para o aumento de áreas verdes. Essa medida consiste na aplicação de vegetação sobre superfícies construídas, de modo que se reduza o percentual de superfícies impermeáveis e diminua o escoamento das águas pluviais.

O telhado verde é composto por uma manta impermeável (geotêxtil) para proteger a camada de suporte contra a umidade do meio externo, um leito de drenagem composto de material poroso para conduzir a água aos deságues, uma manta permeável, um substrato composto de materiais orgânicos e inorgânicos e a vegetação propriamente dita (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Uma análise feita por Tassi *et al.* (2014) avaliou a eficiência de um telhado verde no controle do escoamento superficial. A técnica foi monitorada durante 17 meses, a fim de considerar as variações climáticas. Verificou-se que, comparativamente ao telhado convencional, foi possível reduzir, em média, 62% do escoamento superficial com a utilização dessa técnica compensatória.

Medidas de Armazenamento

As medidas de armazenamento são entendidas como obras e dispositivos aplicados para favorecer a reservação. A finalidade destas medidas é reduzir o pico das enchentes, por meio do amortecimento conveniente das ondas de cheia, obtida pelo armazenamento de parte do volume escoado. Segundo Canholi (2014), estas medidas constituem o conceito mais significativo e de amplo espectro no campo das medidas inovadoras em drenagem urbana.

Como medidas de armazenamento, Miguez, Veról e Rezende (2016) citam os reservatórios de detenção, os reservatórios de retenção e os reservatórios de lote.

Os reservatórios de detenção são reservatórios de armazenamento de curtos períodos que reduzem as vazões de pico dos hidrogramas das cheias, aumentando o seu tempo de base, em outras palavras, redistribuem as vazões ao longo de um tempo maior. Eles podem ser utilizados para o controle da vazão máxima, amortecendo o pico a jusante e, conseqüentemente, reduzindo a seção hidráulica dos condutos. Também podem ser utilizados para controle do volume quando o escoamento é transportado por condutos ou quando recebe a água de uma área sujeita a contaminação, onde o reservatório se torna o local para deposição de sedimentos e depuração da qualidade da água.

Na prática, as bacias de detenção podem ser criadas pelo barramento de um rio ou de um canal e devem dispor de um vertedor e uma grade de retenção visto a quantidade de lixo transportado pela drenagem em um meio urbano que pode obstruir a entrada dos reservatórios (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Já os reservatórios de retenção são reservatórios construídos de forma a reter o escoamento superficial, com formação de um lago permanente, neste reservatório ocorre a melhora na qualidade das águas pluviais através da sedimentação e de mecanismos de decomposição biológica.

Por sua vez, os reservatórios de lote podem ser definidos, de acordo com Tominaga (2013), como pequenos reservatórios, usualmente implantados no próprio lote, cuja função primordial é armazenar as águas pluviais contribuindo para o amortecimento do pico de cheias. Estes dispositivos serão tratados com maior propriedade na seção seguinte pois são o foco desta pesquisa.

2.3 MICRORRESERVATÓRIOS DE LOTE

Esta medida de controle é definida, de acordo com Junior e Barbassa (2006), como um dispositivo construído abaixo do nível do solo de edificações para armazenamento temporário de água de chuva. Este dispositivo será detalhado nas seções seguintes.

Caracterização dos Microrreservatórios de Lote

Os microrreservatórios de lote têm como funções principais o controle distribuído do escoamento das águas pluviais na bacia hidrográfica, a minimização dos efeitos da impermeabilização do solo e a recuperação da capacidade de amortecimento da bacia.

De acordo com Tassi (2002), os microrreservatórios podem ser classificados como *on-line* ou *off-line*. Os microrreservatórios *on-line* comportam todo o escoamento superficial gerado pelas superfícies impermeáveis, e os microrreservatórios *off-line* atuam com auxílio de uma estrutura de passagem, ou seja, transferem o escoamento excedente para um reservatório em paralelo.

Dentre as vantagens da utilização desta medida de controle O'Loughlin *et al.*⁶ (1995) *apud* Silva (2016), destaca que os microrreservatórios amenizam impactos adversos do desenvolvimento, restauram o armazenamento natural perdido e, dessa forma, não transferem problemas para a jusante, seu sistema é equitativo, colocam a responsabilidade do controle e seus custos para quem se beneficia do desenvolvimento, seus problemas podem ser resolvidos *in loco*, além de permitirem uma base para controle da qualidade da água.

Como desvantagens, ainda de acordo com O'Loughlin *et al.*⁶(1995) *apud* Silva (2016), os microrreservatórios apresentam pouca eficiência na redução de poluentes, possuem falta de regulamentação e os critérios de projeto acabam sendo simplificados.

Dimensionamento dos Microrreservatórios de Lote

O dimensionamento dos microrreservatórios compreende, em síntese, a determinação das vazões, do volume de detenção e das dimensões do reservatório.

Para a determinação da vazão, conhecida como vazão de pré-urbanização, que corresponde à vazão em condições próximas às naturais, usualmente, em projetos urbanos, de pequenas áreas de drenagem, utilizam-se os métodos Racional e o método

⁶ O'Loughlin G.; Beecham, S.; Lees, S.; Rose, L.; Nicholas, D. On-site stormwater detention systems in Sidney. Water Science Technology. V. 32, n. 1, p. 169-175, 1995.

SCS⁷ (SILVA,2016). Esse estudo utilizará o dimensionamento pelo método Racional, além de comparar os resultados com o método enunciado no Código de obras municipal de Francisco Beltrão-PR e com os resultados do estudo de Cruz (1998), conforme apresentados nos itens seguintes.

2.3.1.1 Método Racional

O método Racional é frequentemente utilizado para pequenas bacias (de até 2 quilômetros quadrados) e os princípios básicos dessa metodologia, segundo Bidone e Tucci (2015) são que a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia; adoção de um coeficiente único de perdas, estimado com base nas características da bacia; não avalia o volume de cheia e a distribuição temporal das vazões. A vazão obtida por esse método é dada pela equação 1.

$$Q = 0,278 \times C \times i \times A \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: Q = vazão de pico (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial (tabela 1);

i = intensidade máxima média da precipitação de período de retorno e duração estabelecidos, obtida através do *software Pluvio 2.1*⁸ para o município de Francisco Beltrão-PR, conforme equação 2 (mm/h);

A = área de drenagem (km²).

⁷O método SCS ou também conhecido como método do Hidrograma Unitário Triangular Sintético, foi desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* e consiste na representação do hidrograma por meio de um triângulo, cuja área corresponde ao volume de escoamento superficial.

⁸*Software* produzido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), de livre utilização e traz a análise de chuvas intensas no Brasil.

Tabela 1– Coeficientes de escoamento superficial para diferentes superfícies

Superfície	Intervalo de C	Valor esperado de C
Pavimento		
Asfalto	0,70 a 0,95	0,83
Concreto	0,80 a 0,95	0,88
Calçadas	0,75 a 0,85	0,80
Telhado	0,75 a 0,95	0,85
Gramma, solo arenoso		
Plano (2%)	0,05 a 0,10	0,08
Médio (2% a 7%)	,10 a 0,15	0,13
Alto (7%)	0,15 a 0,2	0,18
Gramma, solo pesado		
Plano (2%)	0,13 a 0,17	0,15
Médio (2% a 7%)	0,18 a 0,22	0,20
Alto (7%)	0,25 a 0,35	0,30

Fonte: Tucci (2009)⁹ *apud* Souza (2018, p. 43)

Neste caso, o coeficiente de escoamento superficial é definido como o quociente do volume do escoamento superficial na bacia pelo volume de precipitação na bacia, este por sua vez, é o produto entre a lâmina precipitada e a área da bacia.

A intensidade da precipitação depende da região analisada, de acordo com o relatório obtido pelo *software Pluvio 2.1*, a equação 2 descreve a intensidade pluviométrica para Francisco Beltrão-PR.

$$i = \frac{1012,28 \times TR^{0,182}}{(tc + 9)^{0,76}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: i = intensidade da precipitação (mm/h);

TR = tempo de retorno (anos), conforme tabela 4;

tc = duração da precipitação em minutos (equação 3).

⁹ TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: ABRH – Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009

Tabela 2–Tempo de retorno de acordo com Tucci (2009)

Tipo de obra	Tempo de retorno
Drenagem que atravessa rodovias de acordo com a intensidade de tráfego	10 a 50
Pista de aeroporto	5
Drenagem pluvial	2 a 10
Pequenos diques	2 a 50
Drenagem agrícola	5 a 50

Fonte: Tucci (2009)⁹ *apud* Souza (2018, p. 45)

A duração da chuva é igual ao tempo de concentração da bacia, definido como o tempo que bacia ou área de drenagem leva para contribuir integralmente com o escoamento na sessão exutória e determinado pela equação 3, proposta por pesquisas da *U.S. Federal Aviation Administration* em 1970 e apresentada em Porto (2015).

$$t_c = 0,65 \times \left(\frac{1,1 - C \times \sqrt{L}}{\sqrt[3]{S}} \right) \quad (\text{Equação 3})$$

Onde: t_c = tempo de concentração do escoamento laminar (min);

C = coeficiente de escoamento superficial;

L = comprimento ao longo do trecho onde se desenvolve o escoamento (km);

S = declividade média da área contribuinte (m/m).

Para a determinação do volume de detenção, a vazão de pico está diretamente relacionada, sendo esta vazão garantida a partir do diâmetro do orifício de descarga do reservatório e da carga hidráulica sobre ele. Para o cálculo do volume, pode-se utilizar a equação de Mc Cuen (equação 4), proposta por Silva (2016), através da qual é necessário o conhecimento das vazões de pico da bacia, para as condições de pré e pós-urbanização, e o tempo de pico ou de concentração.

$$V_s = (Q_{pd} - Q_{pa}) \times t_p \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: V_s = volume do reservatório (m³);

Q_{pd} = vazão de pico em condições de pós-urbanização (m³/s);

Q_{pa} = vazão de pico em condições de pré-urbanização (m³/s);

t_p = tempo de pico em condições de pós-urbanização considerada igual ao tempo de concentração em segundos, o qual também pode ser determinado pela equação 5.

$$t_p = \frac{16 \times L}{(1,05 - 0,2 \times p \times (100 \times S))^{0,04}} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde: t_p = tempo de pico em condições de pós-urbanização considerada igual ao tempo de concentração (s);

L = distância do ponto mais distante da área contribuinte (m);

p = porcentagem da área permeável da bacia em valor absoluto;

S = declividade média da área contribuinte (m/m);

Além do volume do microrreservatório, também deve-se dimensionar os dispositivos de descarga, o qual é definido, segundo Silva (2016), como uma abertura de perímetro fechado, de forma geométrica definida, realizada na parede ou fundo de um reservatório ou na parede de um canal ou conduto em pressão, pela qual o líquido em repouso ou movimento escoar em virtude da energia potencial e/ou cinética que possui. A expressão geral para a vazão descarregada através de um orifício de área A , de pequenas dimensões e parede fina, sujeito a uma carga H , é dada pela equação 6.

$$Q = C_d \times A_o \times \sqrt{2 \times g \times h} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde: C_d = coeficiente de descarga do orifício, obtido na tabela 3 com base do diâmetro do orifício e na carga hidráulica e corrigido através da equação 7.

A_o = a área do orifício (m²);

g = aceleração da gravidade (m/s²);

H_m = carga hidráulica sobre o orifício (m).

Tabela 3–Coeficiente de descarga para orifícios circulares

H [m]	Diâmetro do orifício [mm]				
	20	30	40	50	60
0,20	0,653	0,632	0,609	0,607	0,607
0,40	0,651	0,625	0,610	0,607	0,607
0,60	0,648	0,625	0,610	0,607	0,608
0,80	0,645	0,623	0,610	0,607	0,608
1,00	0,642	0,622	0,610	0,607	0,608
1,50	0,638	0,622	0,610	0,607	0,608
2,00	0,636	0,622	0,610	0,607	0,608

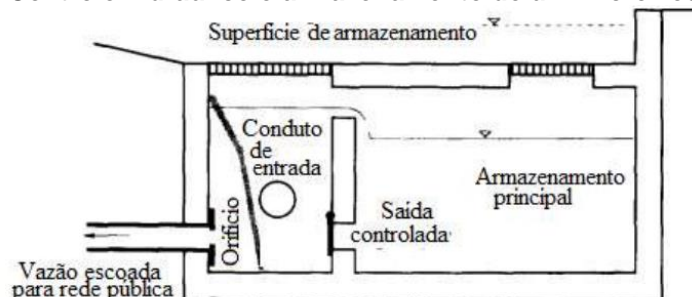
Fonte: Porto - adaptado (2006, p. 356)

$$C_d' = C_d \times (1 + 0,13 \times k) \quad (\text{Equação 7})$$

Onde: $k = 0,25$, para orifícios junto a uma parede lateral ou no fundo do reservatório.

Para melhor definição do dispositivo dimensionado, O'Loughlin *et al.*⁶ (1995) *apud* Silva (2016) ilustra o controle hidráulico e o armazenamento de um microrreservatório de lote, conforme apresentado na figura 8.

Figura 8- Controle hidráulico e armazenamento de um microrreservatório



Fonte: O'Loughlin *et al.*⁶ (1995) *apud* Silva - adaptado (2016, p. 18)

2.3.1.2 Método Código de obras municipal

A Lei municipal nº 4.613/2018 que estabelece o Código de obras e edificações, dispõe de uma seção que apresenta as medidas para águas pluviais em edificações.

De acordo com o artigo 108:

Nas zonas de uso e ocupação de solo, onde for exigido, toda a edificação residencial, comercial, de serviços e industrial, independentemente de seu tamanho, deverá possuir reservatório de detenção, ou cisterna, para captação

e ou reservação das águas pluviais, com a finalidade de reduzir a situação das enxurradas, devendo ser perfeitamente dimensionados, de acordo com as exigências dos órgãos responsáveis existentes no Município (PDM,2017, p.37).

A determinação do volume de detenção, de acordo com o código, é obtida através da equação 8.

$$V_a = V_e \times A_t \times \left(\frac{T_o}{100} \right) \quad (\text{Equação 8})$$

Onde: V_a = volume a armazenar (L);

V_e = constante dimensional adotada = 34 L/m²;

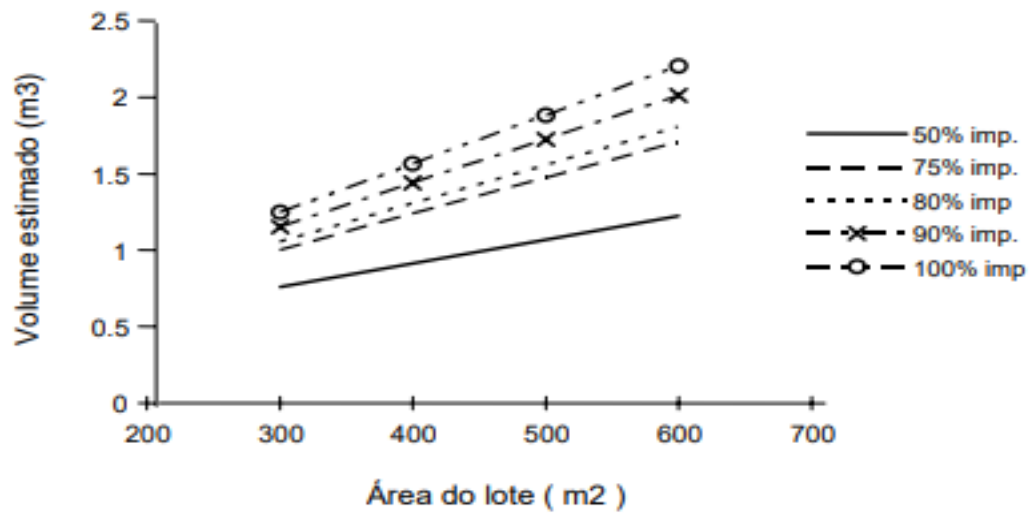
A_t = área do terreno (m²);

T_o = Taxa de ocupação efetiva do terreno - em fração menor que um.

2.3.1.3 Estudo de Cruz (1998)

Para determinação do volume de detenção, analisou-se também um estudo realizado por Cruz (1998), o qual estudou seis estruturas de microrreservatórios na cidade de Porto Alegre-RS e obteve os valores de volume de detenção necessários para lotes de diferentes dimensões e taxas de impermeabilizações crescentes, conforme figura 10. O estudo mostrou que todos os dispositivos foram eficientes na redução dos valores de vazões de pico dos hidrogramas simulados e que em alguns, a redução foi maior que a necessária.

Figura 9- Volumes de detenção necessários de acordo com Cruz (1998)



Fonte: Cruz (1998) *apud* Campos (2007, p. 35)

2.4 A BACIA HIDROGRÁFICA

O município de Francisco Beltrão-PR localiza-se no centro da região sudoeste do Estado do Paraná. Pertence a Mesorregião Sudoeste, que conta com aproximadamente 623 mil habitantes e a microrregião 16 de Francisco Beltrão, como visto na figura 10.

Figura 10- Localização do município de Francisco Beltrão-PR



Fonte: IPPUB (2017, p. 72)

O relevo da mesorregião Sudoeste é marcado por uma homogeneidade morfológica decorrente do predomínio de feições planas e onduladas e, desta forma, a configuração do relevo do município é, em geral, levemente ondulada, com solos de boa aptidão agrícola e sujeitos a intensa utilização. As altitudes predominantes da área urbana do município encontram-se entre 550 e 600m (IPARDES, 2004).

Com relação às declividades, devido ao fato de que o rio Marrecas corta o município na direção sudoeste a nordeste, no meio urbano configura-se um corredor de baixas declividades, de 0 a 5%, no seu entorno. Essas áreas com muito baixa declividade são, em geral, restritas à ocupação por dificuldades no escoamento de águas superficiais e subterrâneas (IPPUB, 2017).

Com relação a geologia, o município de Francisco Beltrão está inserido no domínio do Terceiro Planalto Paranaense, onde a constituição geológica é representada pelas rochas basálticas da Formação Serra Geral, formadas por derrames de lavas do grande vulcanismo fissural ocorrido durante a era mesozóica.

O solo do município é oriundo da decomposição e desintegração das rochas vulcânicas que configuram o Terceiro Planalto Paranaense. Estas rochas deram origem a solos argilosos em sua grande maioria e com boa profundidade, sendo possível identificar os solos latossolo roxo e latossolo vermelho (IPARDES, 2004).

A vegetação predominante no município é a floresta ombrófila mista, a qual se caracteriza por ser uma floresta com espécies mais resistentes ao frio. E, de acordo com Plano Diretor Municipal, o cenário registrado, em 2017, é que mesmo com uma hidrografia abundante, as faixas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água encontram-se desmatadas gerando problemas de erosão e diminuição da fauna local.

Com relação ao clima, Francisco Beltrão possui clima temperado, com verões quentes e chuvosos e invernos um pouco mais secos que o verão, chovendo apenas com a passagem de frentes frias (IPPUB, 2017). De acordo com o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), as temperaturas máximas e mínimas já registradas no município foram, respectivamente, 38°C em 1985 e -5°C em 1975, conforme a tabela 4.

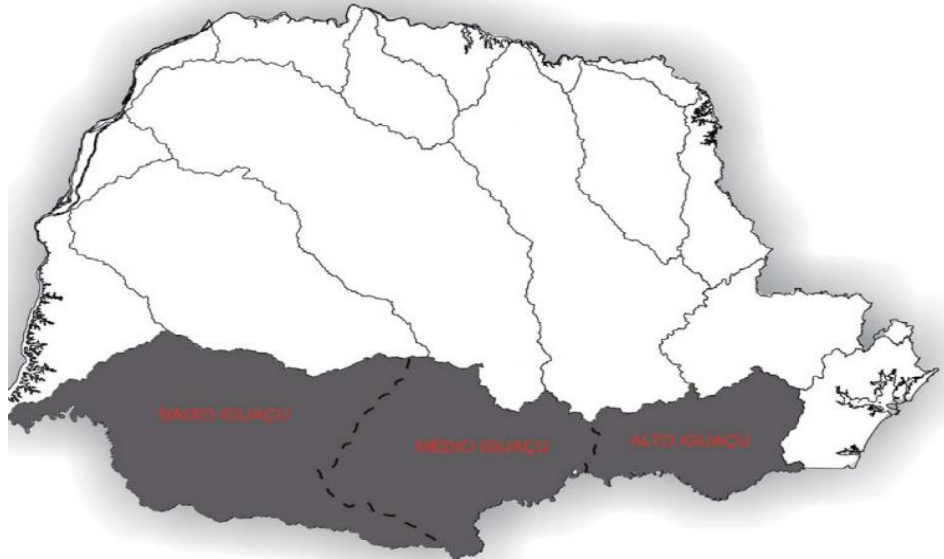
Tabela 4 - Temperaturas máximas e mínimas, máxima absoluta e mínima absoluta por mês no município de Francisco Beltrão-PR

Mês	Máximas	Mínimas	Máxima absoluta	Ano	Mínima absoluta	Ano
Janeiro	30,1	18,5	36,4	1991	8	1974
Fevereiro	29,9	18,4	37,6	2014	8,7	1991
Março	29,2	17	37,4	2005	3,4	1976
Abril	26,2	14,2	33,8	2007	1	1999
Maiο	22,3	10,8	31,9	1981	-0,2	2007
Junho	20,7	9,4	31	1974	-4,2	1978
Julho	21,2	9	30	1994	-5	1975
Agosto	23,4	10,2	34	1999	-2,4	1984
Setembro	24,5	12	35,7	1988	-0,4	2002
Outubro	26,7	14,7	36,4	2014	3,3	1982
Novembro	28,4	15,9	38,3	1985	4,8	1995
Dezembro	29,7	17,7	38,2	1985	8,6	2010

Fonte: Séries históricas IAPAR – adaptado (2018)

O município de Francisco Beltrão está totalmente inserido na bacia hidrográfica do rio Iguaçu (figura 11), como visto na figura 12, sendo que a bacia do rio Marrecas (sub-bacia do rio Iguaçu) se caracteriza como a mais importante do município, uma vez que o rio abastece a sua Sede Municipal. O rio Marrecas nasce no município de Flor da Serra do Sul, quase divisa com o estado de Santa Catarina, deságua no rio Santana e percorre mais de 90 km no território municipal. A localização da bacia com relação ao município é vista na figura 13.

Figura 11- Localização da bacia do rio Iguçu



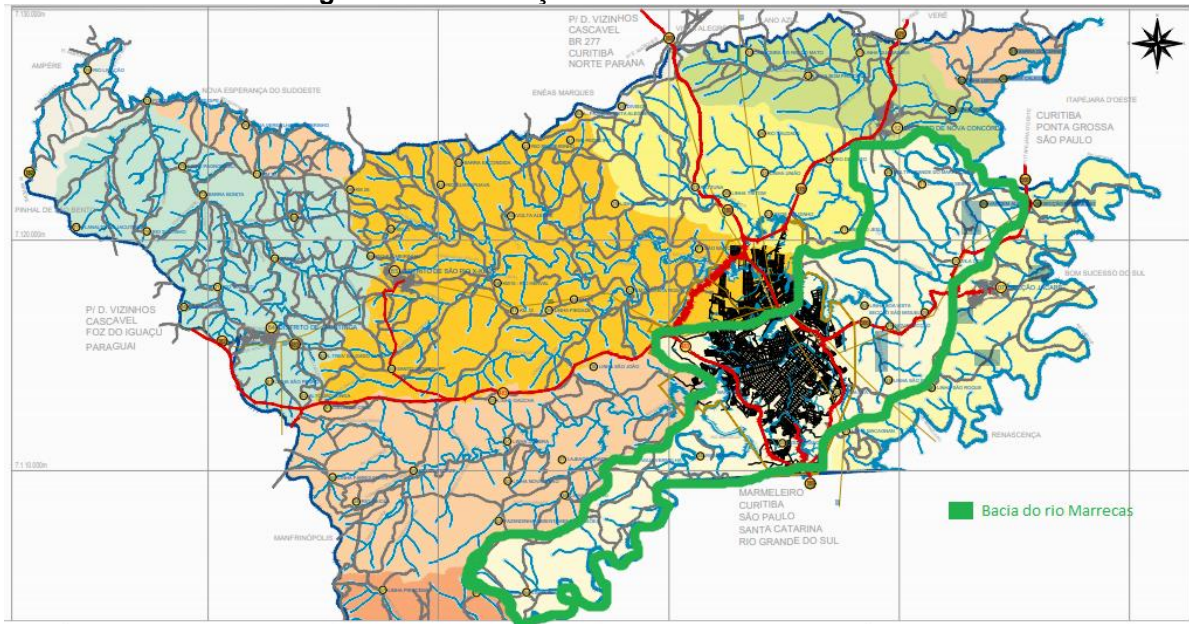
Fonte: SEMA (2010, p. 29)

Figura 12- Localização de Francisco Beltrão na bacia do rio Iguçu



Fonte: SEMA (2010, p. 29)

Figura 13- Localização da bacia do rio Marrecas



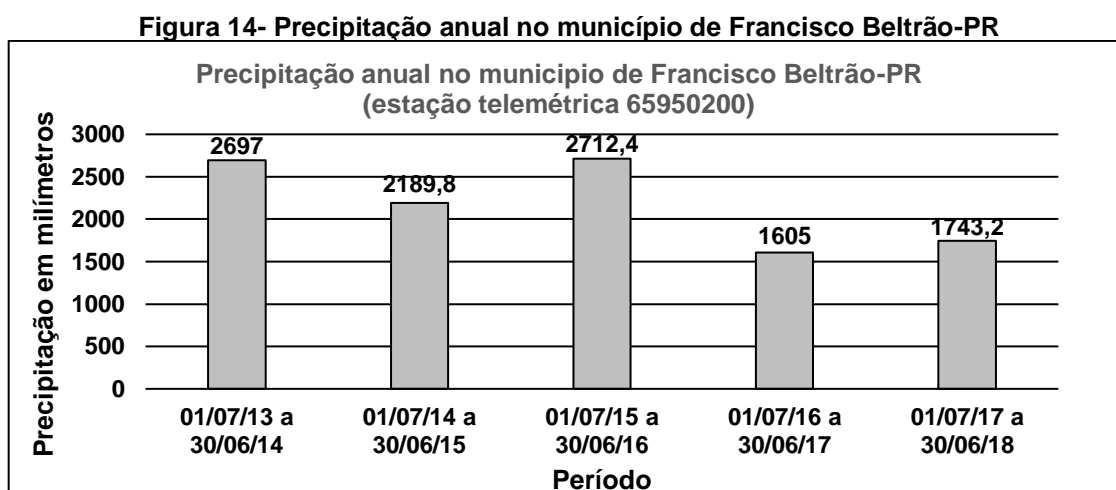
Fonte: IPPUB (2017)

A bacia hidrográfica do rio Marrecas, apresentada na figura 13, possui uma área total de 859,53 km², sendo formada por 21 sub-bacias totalizando 3.210,33 km de extensão formados por 4999 canais. A nascente do rio está localizada em uma altitude de 930 m, acima do nível do mar, e termina numa altitude de 480 m. Portanto, a declividade do rio é baixa, em torno de 0,33 %, sendo que a porção mais plana, denominado de remanso, de seu percurso fica exatamente no interior do perímetro urbano do município (IPPUB, 2017).

De acordo com a Resolução do CONAMA 357/05 (Conselho Nacional de Meio Ambiente), a bacia hidrográfica do rio Marrecas é classificada como uma bacia de classe 2, portanto, as águas do rio podem ser empregadas para “abastecimento doméstico, após tratamento convencional; proteção de comunidades aquáticas; recreação de contato primário, natação, esqui aquático e mergulho; irrigação de hortaliças e plantas frutíferas destinadas à alimentação humana” (CONAMA, Res. 357/05).

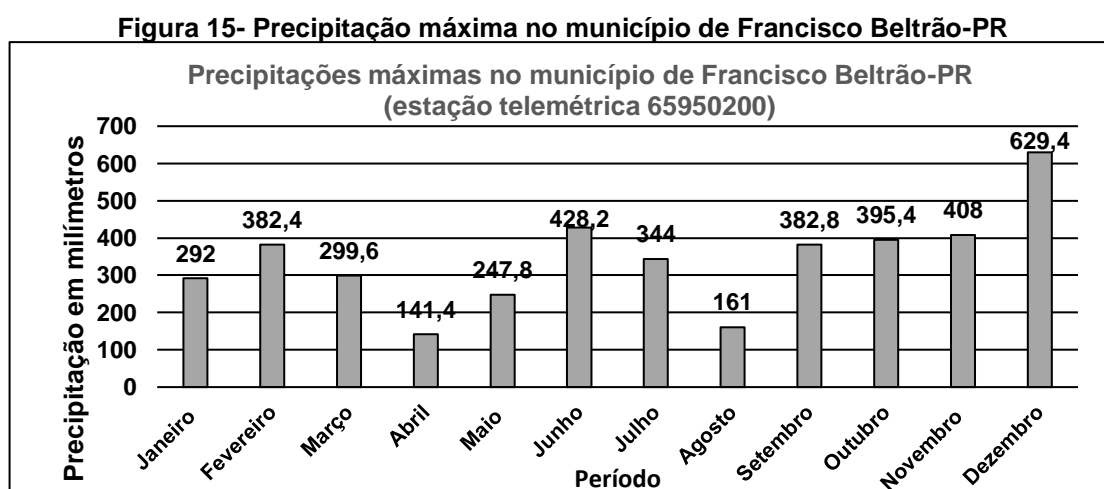
Com relação à precipitação, a Agência Nacional de águas (ANA) possui duas estações de monitoramento pluviométrico no rio Marrecas, porém apenas uma é alimentada com dados telemétricos, ou seja, dados transmitidos em tempo real. Através da análise dos dados dessa estação, localizada na estação de tratamento de água do município, no portal *Hidroweb*, também disponibilizado pela ANA, foi possível observar

o comportamento da precipitação dos últimos anos, visto que a série apresenta dados desde julho de 2013. A figura 14 apresenta os dados da precipitação total anual entre julho de 2013 a julho de 2019. Vale ressaltar que o período de julho de 2018 a junho de 2019 foi desconsiderado, pois existem falhas nos meses de setembro a novembro de 2018, possivelmente ocorridas por problemas técnicos gerados no equipamento, o que impossibilitou a obtenção de dados para o período anual.



Fonte: Autora (2019)

Além disso, ainda de acordo com os dados obtidos através da estação pluviométrica telemétrica, é possível verificar as maiores precipitações ocorridas por mês, no período de julho 2013 a junho de 2018, conforme figura 15.



Fonte: Autora (2019)

Sabe-se que o município enfrenta problemas recorrentes com inundações que ocorrem em sua principal bacia hidrográfica, a do Rio Marrecas e de seus afluentes. A ocupação desordenada, das margens dos rios e córregos, e de seus fundos de vale, aliados a falta de uma política de desenvolvimento e planejamento urbano, trazem danos diversos para a população.

De acordo com dados do IBGE, no último censo demográfico, em 2010 a população era de 78.943 pessoas em 2010 com estimativa de 89.942 pessoas em 2018, ou seja, um aumento de aproximadamente 14% em 8 anos.

Esse crescimento populacional pode ser verificado no aumento da ocupação urbana, com expansão considerável nos últimos anos, de acordo com levantamentos da prefeitura municipal dispostos no plano diretor do município.

Para amenizar tal problema, em 2012 e 2017 foram elaborados pela prefeitura municipal planos de controles de cheias, com medidas estruturais e não estruturais, porém as medidas propostas por esses planos não surtiram o efeito desejado visto que nos dias atuais a população urbana ainda enfrenta os problemas das inundações.

A partir do cenário apresentado, esta pesquisa propõe a avaliação dos microrreservatórios de lote como medida de drenagem para solucionar ou diminuir os efeitos das inundações urbanas na bacia do rio Marrecas. O desenvolvimento do estudo e os resultados serão apresentados nos capítulos seguintes.

3 METODOLOGIA

Este capítulo aborda o estudo de caso sobre os microrreservatórios de lote no perímetro urbano de Francisco Beltrão-PR, bacia do rio Marrecas, contemplando seu dimensionamento e o levantamento de custos da implantação desse sistema.

3.1 ANÁLISE DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Francisco Beltrão-PR possui várias áreas de risco de inundações no perímetro urbano, em torno do rio Marrecas e de seus afluentes. A escolha da região a ser analisada se deu com base nas justificativas da seção seguinte.

Justificativa Da Escolha Da Área De Estudo

A escolha da área de estudo se baseou nos mapas obtidos no Plano Diretor Municipal (PDM), o qual foi reformulado no ano de 2017. Os critérios para seleção da área foram o risco de inundações, a densidade populacional e a densidade construída.

A área de estudo está localizada em uma região de alerta máximo para riscos de inundações baseado no nível de cotas do rio Marrecas, conforme mapa de alerta de enchentes, disponibilizado no anexo A deste trabalho.

Além disso, a área de estudo também concentra grande densidade populacional, com 30 a 40 habitantes por hectare, e conseqüentemente, uma alta densidade construída, 5 a 10 domicílios por hectare, conforme densidade populacional (2006) e densidade construída (2006), disponibilizados, respectivamente, nos anexos B e C deste trabalho.

O que se observa na região é a dificuldade de infiltração das águas pluviais, o que contribui para as enchentes no perímetro urbano, visto que, além de ser uma região de alto risco, é ainda uma região com elevada densidade populacional. Esse fato estabelece que, quando do acontecimento de uma inundação, podem ocorrer danos materiais e também danos aos seres humanos.

Caracterização Da Área De Estudo

Com base nos critérios descritos no item anterior, a área de estudo apresenta-se identificada no apêndice A. Ressalta-se que, de acordo com o mapa de enchentes, a área de risco compreende um quarteirão além das margens do rio em toda a sua extensão.

Analisando os 136 lotes da área de estudo, através de uma estratificação foi possível determinar a área média para os lotes, bem como a área mínima média de permeabilidade e a área média de ocupação. Para obtenção dessas características foi utilizado o projeto de lotes do município, disponibilizado pela prefeitura municipal. Através do *software AutoCAD*, foram contabilizadas as áreas de cada lote da região e criados estratos de área para sua classificação.

Essa estratificação da área de estudo teve como base a metodologia proposta por Silva (2016), que analisou um loteamento residencial existente na cidade de São Carlos-SP, com grande variabilidade de áreas dos lotes e que, para simplificar os cálculos, realizou a classificação dos lotes de acordo com as áreas, em 12 estratos. Nesse estudo, como a área analisada é menor, utilizou-se apenas 5 estratos.

Para a determinação da área mínima permeável, foram utilizadas as diretrizes dispostas no PDM, de acordo com o zoneamento. A área de estudo encontra-se inteiramente localizada na zona residencial 2 (ZR-2) do município. Para essa zona, a taxa de permeabilidade mínima é de 20% da área total do lote.

De posse desses dados, pode-se prosseguir o dimensionamento dos microrreservatórios.

3.2 DIMENSIONAMENTO DOS MICRORRESERVATÓRIOS

O dimensionamento dos microrreservatórios foi realizado com as equações descritas no capítulo anterior, item 2.3.2.1, as quais serão comparadas com as diretrizes estabelecidas no Código de obras de Francisco Beltrão, conforme item 2.3.2.2 e o estudo de Cruz (1998), conforme item 2.3.2.3.

Método Racional

O volume de detenção dos microrreservatórios pode ser calculado através do conhecimento das vazões de pré e pós urbanização, pela equação de Mc Cuen (equação 4).

Para aplicação da equação, devem-se determinar as vazões necessárias, através da equação 1, a qual, de certo modo modifica a precipitação em vazão.

Para obtenção da vazão de pré e pós-urbanização, altera-se o coeficiente de escoamento superficial (tabela 1), visto que, ao ocorrer o processo de urbanização, altera-se a parcela da chuva que escoam superficialmente.

Para obtenção do coeficiente de pré-urbanização, utilizou-se o coeficiente médio (0,20) para grama de solo pesado, visto que o solo da região é um solo argiloso, do tipo latossolo roxo e latossolo vermelho.

Para o coeficiente de pós-urbanização foi obtido uma média entre os valores de coeficiente pra cada tipo de pavimento (asfalto, concreto, calçadas e telhado), obtendo assim o valor de 0,84.

O desenvolvimento do escoamento utilizado na equação do tempo de concentração foi obtido a partir da premissa de que os terrenos são quadrados, e então a maior distância de desenvolvimento do escoamento seriam os lados do quadrado, conforme adotado por Silva (2016).

A declividade média da bacia foi obtida com base no mapa de declividade urbana do PDM, disponibilizado no anexo D deste trabalho. De acordo com o mapa, a região de estudo possui declividade média de 0,025 m/m.

E, o tempo de retorno foi estimado em 10 anos, visto sua maior incidência nos estudos de soluções para drenagem urbana.

Assim obtêm-se as vazões de pré e pós-urbanização e em sequência, o volume de detenção necessário.

Além do volume do microrreservatório, também se deve dimensionar os dispositivos de descarga, conforme equação 10. Adotou-se uma altura de 40 cm de profundidade do reservatório e diâmetro de saída de 50 mm, para tanto o coeficiente de descarga é de 0,607, de acordo com a tabela 2. Para a correção do coeficiente de descarga, utilizou-se o coeficiente $K=0,25$ para orifícios junto à parede lateral ou ao fundo reservatório.

Método Código de obras municipal

Para aplicação da equação indicada no Código de obras foi necessário a determinação de algumas variáveis como: constante dimensional adotada (V_e), a qual é indicada pelo próprio Código de obras como 34 L/m², área do terreno, que nesse caso será a área média de cada estrato e taxa de ocupação efetiva do terreno, que, como citado anteriormente, de acordo com a zona em que se localiza a região de estudo, é de 20%.

Estudo de Cruz (1998)

O estudo realizado por Cruz (1998) analisou seis estruturas de microrreservatórios na cidade de Porto Alegre-RS e obteve os valores de volume de detenção necessários para lotes de diferentes dimensões e taxas de impermeabilizações crescentes. Esses resultados foram expressos em curvas que relacionam o volume estimado em m³ com a área de lote em m². Essas curvas foram descritas anteriormente, na figura 9.

Essa relação foi extrapolada de forma a se obter os resultados para as áreas médias de cada estrato desse estudo, obtendo-se o volume de detenção necessário por esse método.

3.3 ESTIMATIVA DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS MICRORRESERVATÓRIOS

O levantamento de custos de implantação dos microrreservatórios foi elaborado com base em um orçamento de referência disponível no endereço eletrônico da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Os valores foram atualizados conforme índices disponibilizados pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) para a região Sul do Brasil no mês de agosto de 2019.

A cisterna orçada pela FUNASA possui um volume de 24,21 m³, conforme projeto disponibilizado no endereço eletrônico. Desta forma, os resultados obtidos nesse orçamento (apêndice B e C deste trabalho) foram extrapolados linearmente para os respectivos volumes de cada estrato.

Para efeito de comparação, foram utilizados os valores de referência do Custo Unitário Básico (CUB), o qual, de acordo com a ABNT NBR 12721:2006, pode ser definido como:

custo por metro quadrado de construção do projeto-padrão considerado, calculado de acordo com a metodologia estabelecida pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil, em atendimento ao disposto no artigo 54 da Lei nº 4.591/64 e que serve de base para a avaliação de parte dos custos de construção das edificações (ABNT, item 3.9, 2006).

A Lei Nº 4.591/64, por sua vez, é a lei que deu origem ao Custo Unitário Básico (CUB/m²) em 16 de dezembro de 1964, a qual cita que:

Os sindicatos estaduais da indústria da construção civil ficam obrigados a divulgar mensalmente, até o dia 5 de cada mês, os custos unitários de construção a serem adotados nas respectivas regiões jurisdicionais, calculados com observância dos critérios e normas a que se refere o inciso I, do artigo anterior (BRASIL, Art. 54, 1964).

Desta forma, os valores de referência foram obtidos através de relatório “Tabela CUB/m² - Valores em R\$/m²” gerado na plataforma *online* para o mês de agosto de 2019, sem desoneração da mão de obra e sem variação percentual.

Para análise, considerou-se como padrão para a área de estudo, uma residência unifamiliar padrão normal com 1 pavimento, 3 dormitórios, sendo um suíte com banheiro, banheiro social, sala, circulação, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda (abrigo para automóvel), denominado como R1-N no relatório.

Com este índice é possível inferir sobre o quanto o custo dos microrreservatórios implica no custo de uma edificação.

4 DISCUSSÕES E RESULTADOS

4.1 ESTRATIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo caracterizada no capítulo anterior encontra-se detalhada no apêndice A.

A estratificação dos 136 lotes contabilizados na área de estudo, com a área média para os lotes, a área mínima média de permeabilidade e a ocupação média de ocupação, encontra-se descrita na tabela 5.

A área média dos lotes foi obtida através da média das áreas dos lotes de cada estrato, a área mínima permeável é a parcela da área necessária para permeabilidade de acordo com a zona de localização da região de estudo, a qual representa 20% da área média de cada estrato e a ocupação máxima média é a parcela restante da área média dos lotes de cada estrato.

Tabela 5–Estratificação da área de estudo

Estratos	Áreas [m ²]	Nº lotes	Área média [m ²]	Área mínima permeável [m ²]	Ocupação máxima média [m ²]
1	Menor que 300	41	257,38	51,48	205,9
2	Entre 300e 400	8	320,18	64,04	256,14
3	Entre 400 e 500	75	452,25	90,45	361,8
4	Entre 500 e 600	12	547,23	109,45	437,78
5	Entre 600 e 1000	6	830,08	166,02	664,07

Fonte: Autora (2019)

4.2 DIMENSIONAMENTO DOS MICRORRESERVATÓRIOS

O dimensionamento do microrreservatório baseou-se nas diretrizes estabelecidas nos cálculos para determinação do volume de detenção através do método racional (equação de Mc Cuen), no estudo de Cruz (1998) e no Código de obras de Francisco Beltrão para reservatórios de detenção ou cisternas.

Método Racional

O volume de detenção dos microrreservatórios foi calculado, através do conhecimento das vazões de pré e pós urbanização, pela equação de Mc Cuen (equação 4).

Para aplicação da equação foi necessário determinar o tempo de concentração (tc) para cada estrato analisado, de acordo com a equação 2. Os resultados encontram-se descritos na tabela 6.

Tabela 6 – Tempo de concentração para cada estrato

Estratos	Área média [m ²]	Coefficiente de escoamento superficial C	Comprimento do desenvolvimento do escoamento L [m]	Declividade média da bacia S [m/m]	Tempo de concentração do escoamento tc [min]
1	257,38	0,84	0,02	0,025	2,21
2	320,18	0,84	0,02	0,025	2,20
3	452,25	0,84	0,02	0,025	2,17
4	547,23	0,84	0,02	0,025	2,16
5	830,08	0,84	0,03	0,025	2,13

Fonte: Autora (2019)

A intensidade pluviométrica também foi determinada para cada estrato, conforme a equação 13, pois em cada estrato o tempo de concentração é diferente. Os resultados encontram-se descritos na tabela 7.

Tabela 7– Intensidade pluviométrica para cada estrato

Estratos	Coefficiente de escoamento superficial C		Tempo de concentração do escoamento tc [min]	Tempo de retorno TR [anos]	Intensidade pluviométrica i [mm/h]
	Pré-urbanização	Pós-urbanização			
1	0,2	0,84	2,21	10,00	245,27
2	0,2	0,84	2,20	10,00	245,49
3	0,2	0,84	2,17	10,00	245,86
4	0,2	0,84	2,16	10,00	246,09
5	0,2	0,84	2,13	10,00	246,61

Fonte: Autora (2019)

Com esses dados, é possível determinar as vazões de pré e pós-urbanização, conforme descrito na tabela 8.

Tabela 8 – Vazão de pré e pós-urbanização para cada estrato

Estratos	Área média A [m ²]	Coeficiente de escoamento superficial C		Intensidade pluviométrica i [mm/h]	Vazão de pré-urbanização Q _{pa}		Vazão de pós-urbanização Q _{pd}	
		Pré-urbanização	Pós-urbanização		[m ³ /s]	[m ³ /h]	[m ³ /s]	[m ³ /h]
1	257,38	0,2	0,84	245,27	0,004	3,51	0,015	14,74
2	320,18	0,2	0,84	245,49	0,004	4,37	0,018	18,35
3	452,25	0,2	0,84	245,86	0,006	6,18	0,026	25,97
4	547,23	0,2	0,84	246,09	0,007	7,49	0,031	31,45
5	830,08	0,2	0,84	246,61	0,011	11,38	0,048	47,80

Fonte: Autora (2019)

A partir destes dados os volumes para os microrreservatórios foram calculados pela equação 4 e os resultados estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9 – Volume de retenção para os microrreservatórios de acordo com a equação de Mc Cuen

Estratos	Vazão de pré-urbanização Q _{pa}	Vazão de pós-urbanização Q _{pd}	Tempo de concentração do escoamento t _c [s]	Volume de retenção dos microrreservatórios [m ³]
	[m ³ /s]	[m ³ /s]		
1	0,004	0,015	132,53	1,49
2	0,004	0,018	131,73	1,84
3	0,006	0,026	130,38	2,58
4	0,007	0,031	129,58	3,10
5	0,011	0,048	127,70	4,65

Fonte: Autora (2019)

Método Código de obras municipal

Através da equação estabelecida pelo Código de obras municipal obtém-se os volumes de armazenamento de água para cada estrato, através da equação 8, com resultados apresentados na tabela 10.

Tabela 10–Volume dos microrreservatórios de acordo com o PDM de Francisco Beltrão-PR

Estratos	Área média [m ²]	Volume a armazenar [m ³]
1	257,38	7,00
2	320,18	8,71
3	452,25	12,30
4	547,23	14,88
5	830,08	22,58

Fonte: Autora (2019)

De acordo com o Código de obras do município, o reservatório de retenção deverá atender ao volume de água gerado por chuvas intensas durante o período de uma hora de precipitação e, ainda, deverão ser esvaziados, ou reutilizados, num prazo máximo de vinte e quatro horas após o término das chuvas.

Estudo de Cruz (1998)

Já com base no estudo de Cruz (1998), extrapolando os dados obtidos em sua análise, os valores de retenção para os microrreservatórios, seriam conforme os descritos na tabela 11.

Tabela 11–Volume dos microrreservatórios de acordo com Cruz (1998)

Estratos	Área média [m ²]	Volume a armazenar [m ³]
1	257,38	1,00
2	320,18	1,20
3	452,25	1,40
4	547,23	1,60
5	830,08	1,70

Fonte: Autora (2019)

A tabela 12 apresenta a síntese dos resultados de dimensionamento do microrreservatórios a partir dos três métodos utilizados na pesquisa.

Tabela 12–Volume dos microrreservatórios de acordo com os três métodos analisados

Estratos	Volume de detenção dos microrreservatórios [m ³]		
	Método Racional	Método Código de obras municipal	Estudo de Cruz (1998)
1	1,49	7,00	1
2	1,84	8,71	1,2
3	2,58	12,30	1,4
4	3,10	14,88	1,6
5	4,65	22,58	1,7

Fonte: Autora (2019)

O que se pode perceber é a alta variação entre os volumes de detenção calculados através do método estipulado no Código de obras municipal e os outros dois métodos. Este volume, contudo, se deve ao fato de que a recomendação de uso desta metodologia é para dimensionamento de cisterna, que são estruturas maiores que tem por finalidade reter a água da chuva e aproveitá-la para os fins não potáveis em uma edificação.

Os menores volumes de detenção necessários são obtidos através do estudo de Cruz (1998), sendo que o dimensionamento pelo método racional indica um valor intermediário entre os dois outros métodos analisados.

Além do volume do microrreservatório, também foram dimensionados os dispositivos de descarga, conforme equação descrita nos capítulos anteriores. Os resultados encontram-se descritos na tabela 13.

Tabela 13–Dimensionamento dos dispositivos de descarga dos microrreservatórios

Estratos	H [m]	Cd	Cd'	Área do orifício [m ²]	Aceleração da gravidade [m/s ²]	Vazão descarregada [m ³ /s]
1	0,80	0,607	0,020	0,002	9,807	0,00015
2	0,80	0,607	0,020	0,002	9,807	0,00015
3	0,80	0,607	0,020	0,002	9,807	0,00015

4	0,80	0,607	0,020	0,002	9,807	0,00015
5	0,80	0,607	0,020	0,002	9,807	0,00015

Fonte: Autora (2019)

A partir do dimensionamento dos microrreservatórios é possível determinar os custos para implantação desses dispositivos.

4.3 ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS MICRORRESERVATÓRIOS

Com base no procedimento de levantamento dos custos explicitados anteriormente, os resultados encontram-se descritos nas tabelas 14, 15 e 16 para os métodos racional, PDM e Cruz, respectivamente.

Tabela 14– Estimativa dos custos de implantação dos microrreservatórios para o volume de detenção obtido através do método racional

Estratos	Volume de detenção dos microrreservatórios [m ³]	Custo estimado de implantação	
1	1,49	R\$	366,54
2	1,84	R\$	453,65
3	2,58	R\$	635,17
4	3,10	R\$	764,56
5	4,65	R\$	1.145,35

Fonte: Autora (2019)

Tabela 15– Estimativa dos custos de implantação dos microrreservatórios para o volume de detenção obtido através do método PDM

Estratos	Volume de detenção dos microrreservatórios [m ³]	Custo estimado de implantação	
1	7,00	R\$	1.723,99
2	8,71	R\$	2.144,64
3	12,30	R\$	3.029,27
4	14,88	R\$	3.665,47
5	22,58	R\$	5.560,06

Fonte: Autora (2019)

Tabela 16– Levantamento dos custos de implantação dos microrreservatórios para o volume de detenção obtido através do estudo de Cruz (1998)

Estratos	Volume de detenção dos microrreservatórios [m ³]	Custo estimado de implantação	
----------	--	-------------------------------	--

1	1,00	R\$	246,26
2	1,20	R\$	295,51
3	1,40	R\$	344,76
4	1,60	R\$	394,01
5	1,70	R\$	418,64

Fonte: Autora (2019)

Além disso, com base no CUB/m² pode-se estimar a incidência dos custos de implantação dos microrreservatórios em relação ao custo total da edificação na região estudada, conforme tabelas 17, 18 e 19.

Tabela 17– Incidência do custo de implantação dos microrreservatórios dimensionados através do método racional no custo total

Estratos	Custo estimado de implantação	Ocupação máxima média [m ²]	CUB em agosto de 2019 [R\$/m ²]	Custo total com base na ocupação máxima média [R\$]	Incidência do custo de implantação dos microrreservatórios no custo total
1	R\$366,54	205,90	R\$1.955,16	R\$ 402.572,66	0,091%
2	R\$ 453,65	256,14	R\$1.955,16	R\$500.800,00	0,091%
3	R\$ 635,17	361,80	R\$1.955,16	R\$ 707.382,89	0,090%
4	R\$ 764,56	437,78	R\$1.955,16	R\$ 855.938,31	0,089%
5	R\$1.145,35	664,07	R\$1.955,16	R\$1.298.356,53	0,088%

Fonte: Autora (2019)

Tabela 18– Incidência do custo de implantação dos microrreservatórios dimensionados através do método PDM no custo total

Estratos	Custo estimado de implantação	Ocupação máxima média [m ²]	CUB em agosto de 2019 [R\$/m ²]	Custo total com base na ocupação máxima média [R\$]	Incidência do custo de implantação dos microrreservatórios no custo total
1	R\$ 1.723,99	205,90	R\$1.955,16	R\$ 402.572,66	0,428%
2	R\$ 2.144,64	256,14	R\$1.955,16	R\$500.800,00	0,428%
3	R\$ 3.029,27	361,80	R\$1.955,16	R\$ 707.382,89	0,428%
4	R\$ 3.665,47	437,78	R\$1.955,16	R\$ 855.938,31	0,428%
5	R\$ 5.560,06	664,07	R\$1.955,16	R\$1.298.356,53	0,428%

Fonte: Autora (2019)

Tabela 19– Incidência do custo de implantação dos microrreservatórios dimensionados através do estudo de Cruz (1998) no custo total

Estratos	Custo estimado de implantação	Ocupação máxima média [m ²]	CUB em agosto de 2019 [R\$/m ²]	Custo total com base na ocupação máxima média [R\$]	Incidência do custo de implantação dos microrreservatórios no custo total
1	R\$ 246,26	205,90	R\$1.955,16	R\$ 402.572,66	0,061%

2	R\$ 295,51	256,14	R\$1.955,16	R\$500.800,00	0,059%
3	R\$ 344,76	361,80	R\$1.955,16	R\$ 707.382,89	0,049%
4	R\$ 394,01	437,78	R\$1.955,16	R\$ 855.938,31	0,046%
5	R\$ 418,64	664,07	R\$1.955,16	R\$1.298.356,53	0,032%

Fonte: Autora (2019)

O que se pode observar, através do levantamento de custos dos reservatórios dimensionados pelos três métodos apresentados nesse trabalho é a taxa de incidência baixa, o que indica a viabilidade da utilização desse equipamento por não ser oneroso a população em geral.

Mesmo no método do PDM, que resultou em dimensões maiores para os microrreservatórios, a incidência não chegou em 1% do custo total de uma edificação com base na ocupação máxima média.

Com esse custo relativamente baixo, esse projeto indica a viabilidade de utilização destes dispositivos como política pública, onde, por exemplo, em as habitações financiadas pelo governo, o microrreservatório fosse um requisito para aprovação da edificação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os microrreservatórios de lote têm como funções principais o controle distribuído do escoamento das águas pluviais na bacia hidrográfica, a minimização dos efeitos da impermeabilização do solo e a recuperação da capacidade de amortecimento da bacia.

Ao analisar o dimensionamento por meio de três métodos distintos foram encontrados volumes de detenção diferentes. O método racional indicou uma faixa de volume de detenção de 1,49 m³ até 4,65 m³ para os estratos encontrados na área de estudo. Já o método indicado pelo Código de obras do município de Francisco Beltrão-PR, indicou volumes de 7,00 m³ a 22,58 m³. Por fim, o método estabelecido no estudo de Cruz (1998), indicou a necessidade de 1 m³ até 1,7 m³ de detenção para os estratos analisados.

Vale ressaltar que no método descrito no Código de obras obteve-se uma variação maior de volume necessário de detenção, pois o método é indicado para o dimensionamento de cisternas, que se diferenciam dos microrreservatórios de lote, justamente por possuírem dimensões maiores a fim de armazenar a água para posterior utilização na edificação, em fins não-potáveis.

Na análise de custos de implantação dos microrreservatórios, realizado para os três métodos, a variação de incidência no custo do microrreservatório em função do custo de uma possível área construída em cada estrato foi de 0,032% até 0,428%. Esse percentual é baixo, o que indica a possibilidade de implantação dos microrreservatórios pelo proprietário da edificação sem gerar grande impacto no custo total das edificações.

Ainda com relação ao custo, cabe destacar que os microrreservatórios de lote são construídos pelo proprietário, mas contribuem com a drenagem urbana do município, ou seja, traz benefícios para mais pessoas.

Na esfera pública, um investimento para melhoria da drenagem urbana onera o Estado e, de certa forma, a população em geral que sofre com a alta carga tributária.

Para tanto, poderiam ser previstos benefícios tributários como por exemplo, descontos no Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU) para o proprietário que adotasse medidas de controle na fonte, como os microrreservatórios de lote. O uso da função extrafiscal dos tributos é uma forma legítima de intervenção do Estado em busca da proteção ambiental através de instrumentos econômicos. Nesses casos, os descontos ou tributações negativas dão ao proprietário a escolha pela adesão ou não da causa ambiental proposta.

Desta forma, pode-se apontar para a viabilidade da implantação dos microrreservatórios de lote, com base no seu dimensionamento e nos custos analisados. Com sua larga utilização nos lotes situados em áreas de risco e até mesmo em lotes que não se concentram nessas regiões, poderia ser amenizada a severidade das inundações urbanas no município estudado.

O que se sugere para estudos futuros é a análise, por meio de modelagem em *software*, do comportamento dos dispositivos na área de estudo indicada, visto sua viabilidade econômica. Através da modelagem em *software* adequado, como o *Storm Water Management Model (SWMM)*, é possível verificar de que forma o escoamento superficial é alterado e em teoria, melhorado, com a utilização dos microrreservatórios, possibilitando assim, a definição dos impactos ambientais sentidos pela população residente nesta área.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12721: **Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios**. Rio de Janeiro, item 3.9. 2006.
- AGRA, Sidnei Gusmão. **Estudo experimental de microrreservatórios para controle do escoamento superficial**. 2001. 121 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- ALBERTI, V. (2008) **Análise espaço-temporal do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Marrecas (PR)**. Trabalho de conclusão de curso bacharelado em geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Francisco Beltrão, PR.
- ARAÚJO, Paulo Roberto; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, RS, v.5, n.3 p. 21-29, 2000.
- BEUX, Fernanda Christine; OTTONI, AdactoBenedicto. Métodos alternativos de drenagem a partir da retenção e infiltração das águas de chuva no solo, visando a redução das enchentes urbanas. **Revista Nacional de Gerenciamento de cidades**. Rio de Janeiro, RJ, v.03, n. 17 p. 01-13, 2015.
- BIDONE, F.; TUCCI, C. E. M. Microdrenagem. In: TUCCI, C. E. M; PORTO, R. L. L; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Reimpressão da 1ª ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. cap. 3, p. 77-106.
- BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2007.
- BRASIL. Medida provisória nº 868, de 27 de dezembro de 2018. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas competência para editar normas de referência nacionais sobre o serviço de saneamento; a Lei nº 10.768, de 19 de**

novembro de 2003, para alterar as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos; a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País; e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2018.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2014. 384 p. ISBN 9788579751608.
CONAMA – Conselho nacional de Meio Ambiente – Resolução 357/2005.

CRUZ, M. A. S. **Controle do Escoamento no Lote com Detenção**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Dissertação de Mestrado. 1998

FILHO, Sidnei Gusmão. **Desenvolvimento e avaliação de um conjunto de indicadores para representação do sistema de drenagem urbana**. 2017. 146 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Universidade Federal de Alagoas, 2017.

FRANCISCO BELTRÃO. 2017. Plano Diretor Municipal (PDM). Francisco Beltrão: IPPUB/Prefeitura municipal de Francisco Beltrão-PR.

IBGE. **Censo Demográfico 1950/2010**. Até 1991, dados extraídos de Estatísticas do Século XX, Rio de Janeiro: IBGE, 2007 no Anuário Estatístico do Brasil, 1993, vol 53, 1993.

IBGE. **Séries estatísticas: Taxa de urbanização**. 2010. Disponível em <<https://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>>. Acesso em 08 abr. 2019.

IBGE. **População em áreas de risco no Brasil**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacaoareasderisco/>>. Acesso em 08 abr. 2019.

IPARDES. **Leituras regionais: Mesorregião Geográfica Sudoeste Paranaense/ Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social**. – Curitiba: IPARDES: BRDE, 2004.

IPPUB (2017). Plano Diretor Municipal. Francisco Beltrão: IPPUB/ Prefeitura do município de Francisco Beltrão.

JUNIOR, Lourenço Leme da Costa; BARBASSA, Ademir Panceli. Parâmetros de projeto de microrreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas. Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, RJ, v. 11, p. 46-54, jan/mar. 2006.

LUZ, Constantino Eleuthério da. **Tendências granulométricas dos sedimentos de fundo no Rio Marrecas, região Sudoeste do Paraná**. 2011.78f. Dissertação

(Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2011.

MACHADO, Gilnei. **Transformações na paisagem da bacia do rio Marrecas (SW/PR) e perspectivas de desenvolvimento territorial**. 2009. 284f. Tese (Doutorado em geografia - Produção do Espaço Geográfico) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2009.

MENDES, Carlos. **Modelo para Criação de Incentivo Fiscal ao Amortecimento de Vazão em Lote**: Simulação para o Município de Porto Alegre, RS. UFRGS, Porto Alegre, 2014, p 13-14.

MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Moura. **Drenagem urbana**: do projeto tradicional à sustentabilidade. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2016. 366 p. ISBN 9788535277463.

PORTO, R. L. L. Escoamento superficial direto. In: TUCCI, C. E. M; PORTO, R. L. L; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Reimpressão da 1ª ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. cap. 4, p. 107-166.

PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. 4ª edição. São Carlos: EESC – USP, 2006. 540p.

REZENDE, Osvaldo Moura. **Manejo sustentável de águas pluviais: Uso de paisagens multifuncionais em drenagem urbana para controle das inundações**. 2010. 104 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) - Universidade Federal Do Rio De Janeiro - Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2010.

ROBAINA, Luís Eduardo de Souza. Espaço urbano: relação com os acidentes e desastres naturais no Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria, RS, v.30, p. 93-105, 2008.

SEMA (Secretária do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos). **Bacias hidrográficas do Paraná**: Séries históricas. Curitiba, 2010, 140 p.

SILVA, Daniele Feitoza. **Análise da influência de microrreservatórios em um loteamento e seus efeitos em escala de bacia**. 2016. 172 p. Dissertação (Mestrado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 2016.

SOUZA, Ricardo Cesar Conrado De. **Método para dimensionamento eficiente de reservatórios de contenção de cheias para a cidade de Curitiba-PR**. 2018. 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

TASSI, R. **Efeito dos microrreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana**. 2002.142f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2002.

TASSI, R. *et al.* Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, 2014.

TOMINAGA, Erika Naomi de Souza. **Urbanização e cheias: Medidas de controle na fonte**. 2013 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.

TUCCI, Carlos E.M. 1995. Inundações urbanas. In: TUCCI, Carlos E.M., PORTO, Rubem L.L., BARROS, Mário T. de. (Org.). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS:ABRH. cap. 1, p.15-36.

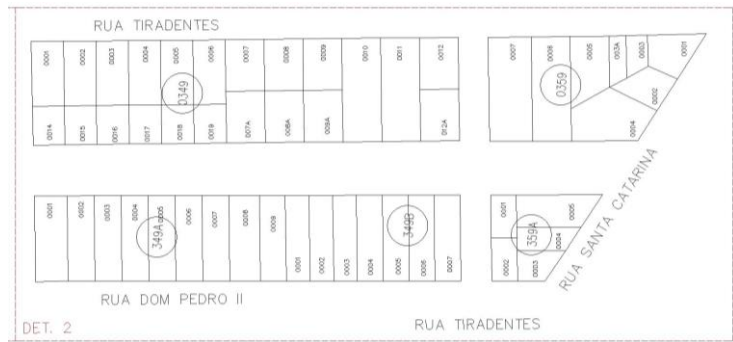
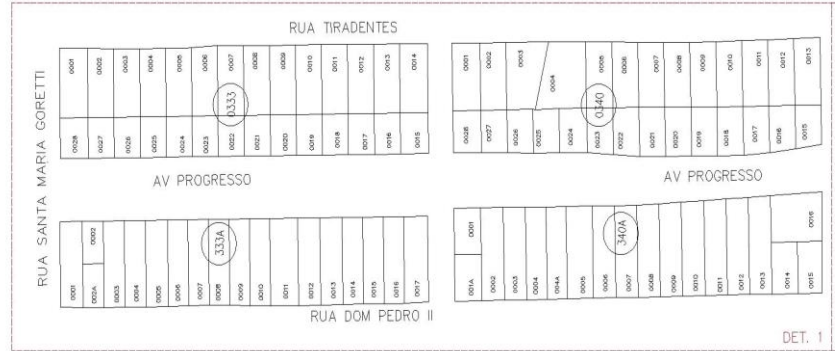
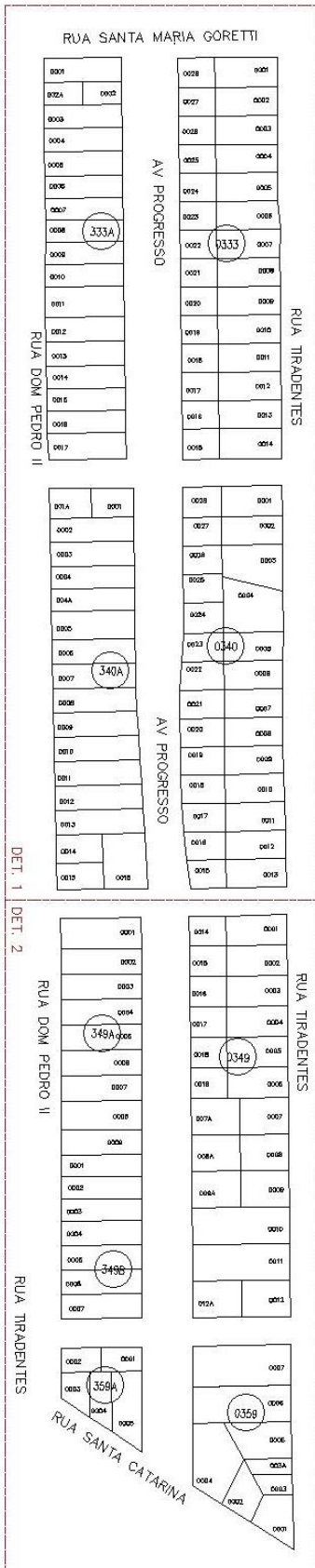
TUCCI, Carlos E.M. **Água no meio urbano: Livro da água doce** - cap 14, Instituto de pesquisa hidráulica. UFRGS – Porto Alegre- RS: 1997.

TUCCI, Carlos E. M., PORTO, Rubem, La Laina e BARROS, Mário T. de. **Drenagem Urbana**, Editora da UFRGS, Porto Alegre, 1998.

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

APÊNDICES

APÊNDICE A – ÁREA DE ESTUDO DO TRABALHO



**APÊNDICE B – PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS DOS
MICRORRESERVATÓRIOS DE LOTE**

COMPOSIÇÕES DE PREÇOS UNITÁRIOS						
74077/002	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, ATRAVÉS DE GABARITO DE TABUAS CORRIDAS PONTALETADAS, COM REAPROVEITAMENTO DE 10 VEZES.					UNIDADE: m²
CÓDIGO	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
337	Arame recozido 18 BWG (1,25mm, 9,60g/m)	kg	0,02000	12,10	0,24	
1213	Carpinteiro de Formas	h	0,10000	16,71		1,67
4491	Peça de madeira 3ª/4ª qualidade 7,5x7,5cm (3"x3"), não aparelhada	m	0,03600	3,00	0,11	
5061	Prego de aço 18 x 27	kg	0,01000	9,50	0,10	
6111	Servente	h	0,10000			0,00
10567	Tábua madeira 3ª qualidade 2,5 x 23 cm (1"x9"), não aparelhada	m	0,03200	3,70	0,12	
	SUBTOTAL				0,56	1,67
	CUSTO DIRETO TOTAL					2,23
73965/10	ESCAVACAO MANUAL DE VALAS H <= 1,50 M					UNIDADE: m³
CÓDIGO	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
6111	Servente	h	3,00000	11,79		35,37
	SUBTOTAL					35,37
	CUSTO DIRETO TOTAL					35,37
6047	CONCRETO MAGRO 1:4:8 (CIMENTO + AREIA GROSSA + PEDRA BRITADA NR 2 OU 25 MM), COM PREPARO MANUAL, CONSUMO CIMENTO 210 KG/M³					UNIDADE: m³
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
367	Areia grossa	m ³	0,58000	58,00	33,64	
1379	Cimento Portland Comum CP I-32	kg	210,00000	0,43	90,30	
6111	Servente	h	10,00000	11,79		117,90
4718	Pedra britada n. 2 ou 25 mm	m ³	0,95000	45,06	42,81	
	SUBTOTAL				166,75	117,90
	CUSTO DIRETO TOTAL					284,65
PROJETO	PAREDE DE PLACA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO SIMPLES TRAÇO 1:4:8 COM FORMA DE PEÇAS DE MADEIRA DE 3ª QUALIDADE 2,5 CM X					UNIDADE: m²

10 CM (REAPROVEITAMENTO 10 X), REAJUNTADAS COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA (35 CM x 40 CM x 10 CM)							
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO		
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA	
370	Areia média	m³	0,06700	58,00	3,89		
1379	Cimento Portland Comum CP I-32	kg	4,00000	0,43	1,72		
6047	Placa de concreto simples (0,35x0,40x0,10)m	m³	0,10000	284,65	28,46		
4509	Peça de madeira de 3ª qualidade 2,5cm x 10cm não aparelhada	m	0,70769	1,64	1,16		
5061	Prego de aço 18 x 27	kg	0,06377	9,50	0,61		
4750	Pedreiro	h	0,50000	16,71	8,36	8,36	
6111	Servente	h	0,50000	11,79	5,90	5,90	
	SUBTOTAL				50,09	8,36	
	CUSTO DIRETO TOTAL					58,44	
PROJETO	CINTAMENTO EM ARAME GALVANIZADO Nº 12 BWG (2,60 MM, 48 G/M)					UNIDADE: m	
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO		
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA	
342	Arame galvanizado 12 bwg	kg	0,05280	11,92	0,63		
378	Armador	h	0,02000	16,71		0,33	
6114	Ajudante de Armador	h	0,02000	11,64		0,23	
	SUBTOTAL				0,63	0,57	
	CUSTO DIRETO TOTAL					1,20	
73964/001	REATERRO DE VALAS / CAVAS, COMPACTADA A MAÇO, EM CAMADAS DE ATÉ 30 CM					UNIDADE: m³	
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO		
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA	
6111	Servente	h	2,10000	11,79		24,76	
	SUBTOTAL					24,76	
	CUSTO DIRETO TOTAL					24,76	
74202/002	LAJE PRE-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, COM LAJOTAS E CAPEAMENTO COM CONCRETO FCK=20 MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, COM ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA					UNIDADE: m²	
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO		
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA	
6111	Servente	h	0,44000	11,79		5,19	
6117	Carpinteiro auxiliar	h	0,16000	13,15		2,10	

6212	Tábua madeira 3ª qualidade 2,5x30cm	m	0,17000	6,08	1,03	
4750	Pedreiro	h	0,40000	16,71		6,68
4491	Peça madeira 3ª qualidade 7,5x7,5cm	m	0,29000	3,00	0,87	
3743	Laje pre-moldada de piso convencional sobrecarga 200 kg/m² vão até 3,50 m	m²	1,00000	33,86	33,86	
5061	Prego de aço 18 x 27	kg	0,03000	9,50	0,29	
1213	Carpinteiro de formas	h	0,16000	16,71	2,67	2,67
74157/003	Lançamento/aplicação manual de concreto em estrutura	m³	0,04300	177,87	7,65	
0039	Aço CA-60 - 5,00 mm	kg	0,47100		0,00	
73972/002	Concreto estrutural fck=20 Mpa, virado em betoneira, na obra, s/ lançamento	m³	0,04300	296,24	12,74	
	SUBTOTAL				59,11	16,65
	CUSTO DIRETO TOTAL					75,76
74157/003	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO MANUAL DE CONCRETO EM ESTRUTURAS					UNIDADE: m³
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
4750	Pedreiro	h	5,00000	16,71		83,55
6111	Servente	h	8,00000	11,79		94,32
	SUBTOTAL					177,87
	CUSTO DIRETO TOTAL					177,87
73972/002	CONCRETO ESTRUTURAL FCK=20MPA, VIRADO EM BETONEIRA, NA OBRA, SEM LANÇAMENTO					
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
370	Areia média	m³	0,89040	58,00	51,64	
1379	Cimento Portland Comum CP I-32	kg	320,00000	0,43	137,60	
4721	Pedra britada n. 1 ou 19 mm	m³	0,83600	45,06	37,67	
6111	Servente	h	3,23780	11,79		38,17
88830	BETONEIRA CAPACIDADE NOMINAL DE 400 L, CAPACIDADE DE MISTURA 280 L, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV, SEM CARREGADOR - CHP DIURNO. AF_10/20	h	1,83360	0,06		0,11
4230	Operador de Máq e Equipamentos	h	1,83360	16,93		31,04

	SUBTOTAL				226,91	69,33	
	CUSTO DIRETO TOTAL					296,24	
PROJETO	TAMPA DA INSPEÇÃO DA CISTERNA (80 CM X 86 CM) EM CHAPA GALVANIZADA PLANA 14 GSG 1,994 MM 16,020 KG/M2, INCL. 02 PORTAS CADEADO ZINCADO OXIDADO PRETO E PINTURA ANTICORROSIVA					UNIDADE: m²	
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO		
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA	
11026	CHAPA GALV PLANA 14GSG 1,994MM 16,020KG/M2	m²	1,00000	7,32	7,32		
10999	ELETRODO AWS E-6013 (OK 46.00; WI 613) D = 4MM (SOLDA ELETR	kg	0,20000	23,11	4,62		
7307	Fundo anticorrosivo tipo zarcão ou equivalente	galão	0,05000	24,50	1,23		
5088	Porta cadeado zincado oxidado preto	unid	2,00000	2,34	4,68		
6160	Soldador	h	1,00000	17,23	17,23	17,23	
6111	Servente	h	0,50000	11,79	5,90	5,90	
	SUBTOTAL				40,97	23,13	
	CUSTO DIRETO TOTAL					64,10	
73927/009	REBOCO PAULISTA (MASSA UNICA) TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESSURA 2,0CM, PREPARO MANUAL					UNIDADE: m²	
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO		
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA	
73546 - C	Argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia sem peneirar) preparo manual	m³	0,02000	317,65	6,35		
6111	Servente	h	0,60000	11,79		7,07	
12865	Estucador	h	0,60000	17,52		10,51	
	SUBTOTAL				6,35	17,59	
	CUSTO DIRETO TOTAL					23,94	
73546 (SINAPI)	ARGAMASSA TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA SEM PENEIRAR), PREPARO MANUAL					UNIDADE: m³	
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO		
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA	
370	Areia média	m³	1,21600	58,00	70,53		
1106	Cal hidratada, 1ª qualidade, p/ argamassa	kg	182,00000	0,28	50,96		
1379	Cimento Portland comum CP I-32	kg	182,00000	0,43	78,26		
6111	Servente	h	10,00000	11,79		117,90	
	SUBTOTAL				199,75	117,90	
	CUSTO DIRETO TOTAL					317,65	

73741/001	REBOCO PAULISTA (MASSA UNICA) TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 2,0CM, PREPARO MANUAL, INCLUSO ADITIVO IMPERMEABILIZANTE					UNIDADE: m²
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
73549 - C	Argamassa traço 1:4 (cimento e areia) preparo manual, com impermeabilizante	m³	0,02000	430,18	8,60	
12865	Estucador	h	0,60000	17,52		10,51
6111	Servente	h	0,60000	11,79		7,07
	SUBTOTAL				8,60	17,59
	CUSTO DIRETO TOTAL					26,19
73549	ARGAMASSA TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MANUAL, INCLUSO ADITIVO IMPERMEABILIZANTE					UNIDADE: m³
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
73449 - C	Argamassa traço 1:4 (cimento e areia) preparo manual	m³	1,00000	345,38	345,38	
7325	Impermeabilizante p/ concreto e argamasa tipo Vedacit ou equivalente	kg	20,00000	4,24	84,80	
	SUBTOTAL				430,18	
	CUSTO DIRETO TOTAL					430,18
73449	ARGAMASSA CIMENTO/AREIA 1:4 - PREPARO MANUAL					UNIDADE: m³
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
370	Areia média	m³	1,21600	58,00	70,53	
6111	Servente	h	10,00000	11,79		117,90
1379	Cimento Portland comum CP I-32	kg	365,00000	0,43	156,95	
	SUBTOTAL				227,48	117,90
	CUSTO DIRETO TOTAL					345,38
73991/001	PISO CIMENTADO LISO (QUEIMADO), TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 1,5CM, PREPARO MANUAL, INCLUSO ADITIVO IMPERMEABILIZANTE					UNIDADE: m²

	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
370	Areia média	m³	0,01820	58,00	1,06	
4750	Pedreiro	h	1,00000	16,71		16,71
1379	Cimento Portland comum CP I-32	kg	5,48000	0,43	2,36	
7325	Impermeabilizante p/ concreto e argamasa tipo Vedacit ou equivalente	kg	0,30000	4,24	1,27	
6111	Servente	h	1,15000	11,79		13,56
	SUBTOTAL				4,68	30,27
	CUSTO DIRETO TOTAL					34,95
72105	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO N.24, DESENVOLVIMENTO 50CM					UNIDADE: m
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
4750	Pedreiro	h	0,55000	16,71		9,19
6111	Servente	h	0,55000	11,79		6,48
5061	Prego de aço 18 x 27	kg	0,15000	9,50	1,43	
5104	Rebite de alumínio vazado de repuxo, 3,2 x 8 mm (1 kg = 1.025 unid)	kg	0,04000	41,21	1,65	
1118	Calha chapa galvanizada nº 24 L = 50 cm	m	1,05000	30,29	31,80	
13388	Solda 50/50	kg	0,07000	121,90	8,53	
	SUBTOTAL				43,41	15,68
	CUSTO DIRETO TOTAL					59,09
74165/004	TUBO PVC PARA ESGOTO PREDIAL DN 100MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO					UNIDADE: m
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
9836	Tubo PVC esgoto predial DN 100 mm	m	1,05000	9,03	9,48	
2696	Encanador	h	0,40000	16,71		6,68
6111	Servente	h	0,40000	11,79		4,72
	SUBTOTAL				9,48	11,40
	CUSTO DIRETO TOTAL					20,88
72557	JOELHO PVC SOLDÁVEL 45º PB ESGOTO PREDIAL DN 100MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO					UNIDADE: unid
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
122	Adesivo PVC frasco c/ 850 g	l	0,05290	58,71	3,11	
3528	Joelho 45º PVC DN 100	unid	1,00000	5,10	5,10	

20083	Solução Limpadora frasco c/ 1.000 cm ³	unid	0,03000	50,99	1,53	
6111	Servente	h	0,40000	11,79		4,72
2696	Encanador	h	0,40000	16,71		6,68
	SUBTOTAL				9,74	11,40
	CUSTO DIRETO TOTAL					21,14
73999/001	PINTURA COM CAL, EM PAREDES INTERNAS E EXTERNAS, 03 DEMAOS					UNIDADE: m ²
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
11161	Cal hidratada para pintura	kg	0,60000	0,46	0,28	
4783	Pintor	h	0,30000	16,71		5,01
6111	Servente	h	0,01500	11,79		0,18
	SUBTOTAL				0,28	5,19
	CUSTO DIRETO TOTAL					5,47
73924/001	PINTURA ESMALTE BRILHANTE, DUAS DEMAOS, PARA FERRO					UNIDADE: m ²
	INSUMOS	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	PARCELA DO PREÇO UNITÁRIO	
					MATERIAL	MÃO-DE-OBRA
3768	Lixa para ferro	unid	0,60000	3,16	1,90	
5318	Solvente diluente a base de aguarrás	l	0,07000	11,00	0,77	
7292	Tinta esmalte sintético alto brilho	l	0,24000	23,59	5,66	
4783	Pintor	h	0,50000	16,71		8,36
6111	Servente	h	0,50000	11,79		5,90
	SUBTOTAL				8,33	14,25
	CUSTO DIRETO TOTAL					22,58

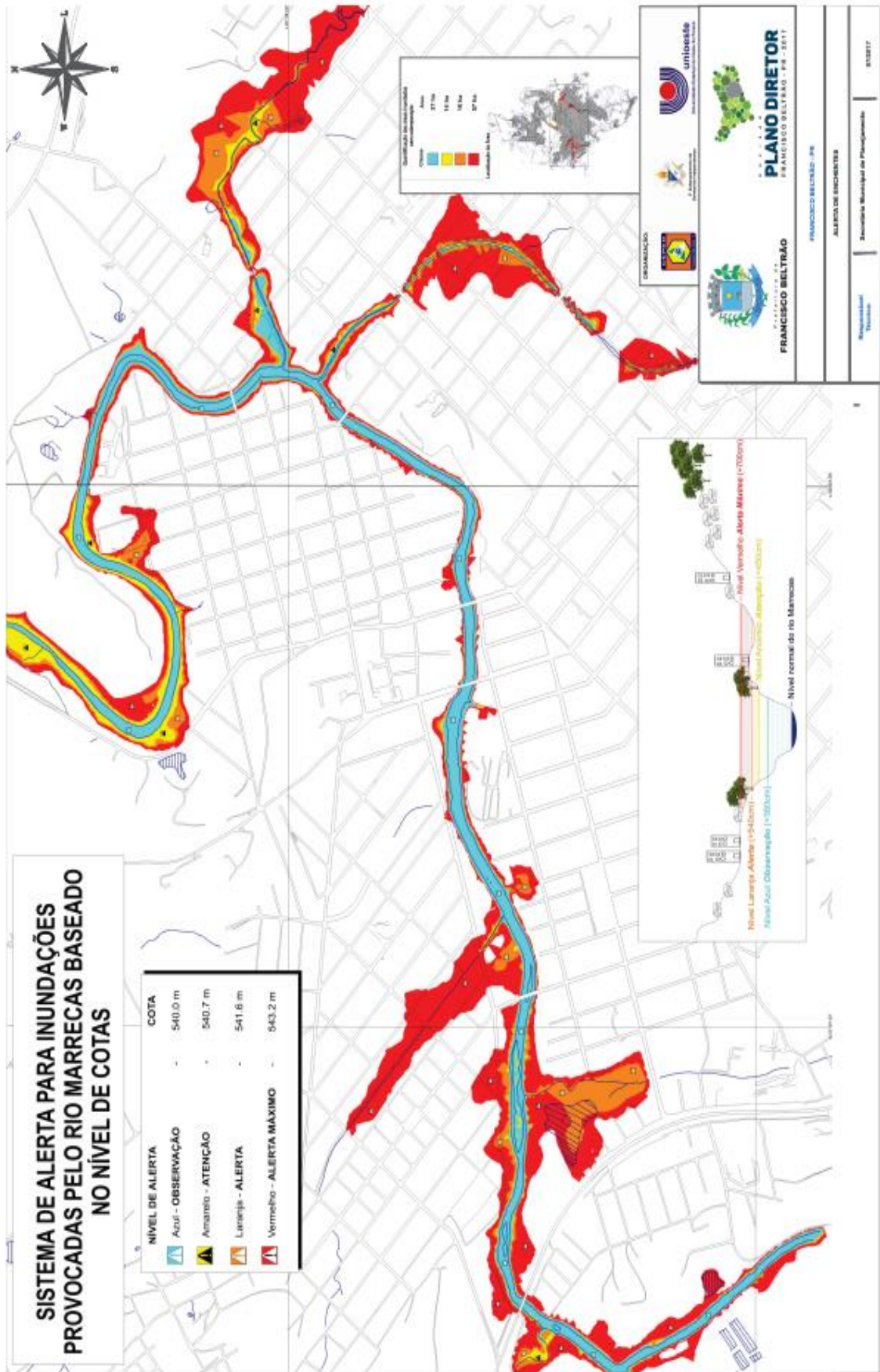
APÊNDICE C – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS MICRORRESERVATÓRIOS DE LOTE

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA						
ITEM	CÓD. SERVIÇO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO	
					UNIT.	TOTAL
1.0		SERVIÇOS PRELIMINARES				888,38
1.1	74077/002	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, ATRAVÉS DE GABARITO DE TABUAS CORRIDAS PONTALETADAS, COM REAPROVEITAMENTO DE 10 VEZES.	m ²	8,34	2,23	18,63
1.2	73965/10	ESCAVACAO MANUAL DE VALAS H <= 1,50 M	m ³	24,59	35,37	869,75
2.0		FUNDAÇÕES				367,19
2.1	6047	CONCRETO MAGRO 1:4:8 (CIMENTO + AREIA GROSSA + PEDRA BRITADA Nº 2 OU 25 MM), COM PREPARO MANUAL, CONSUMO CIMENTO 210 KG/M ³	m ³	1,29	284,65	367,19
3.0		PAREDES				1.556,76
3.1	PROJETO	PAREDE DE PLACA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO SIMPLES TRAÇO 1:4:8 COM FORMA DE PEÇAS DE MADEIRA DE 3ª QUALIDADE 2,5 CM X 10 CM (REAPROVEITAMENTO 10 X), REAJUNTADAS COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA (35 CM x 40 CM x 10 CM)	m ²	25,59	58,44	1.495,53
3.2	PROJETO	CINTAMENTO EM ARAME GALVANIZADO Nº 12 BWG (2,60 MM, 48 G/M)	m	51,18	1,20	61,23
4.0		REATERRO				216,15
4.1	73964/001	REATERRO DE VALAS / CAVAS, COMPACTADA A MAÇO, EM CAMADAS DE ATÉ 30 CM	m ³	8,73	24,76	216,15
5.0		COBERTURA				695,43
5.1	74202/002	LAJE PRE-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, COM LAJOTAS E CAPEAMENTO COM CONCRETO FCK=20 MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, COM ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA, INCLUSIVE CAPEAMENTO TRAÇO 1:3:4 (CIMENTO + AREIA GROSSA LAVADA E PENEIRADA + BRITA NO 1 OU 20 MM)	m ²	8,34	75,76	631,82

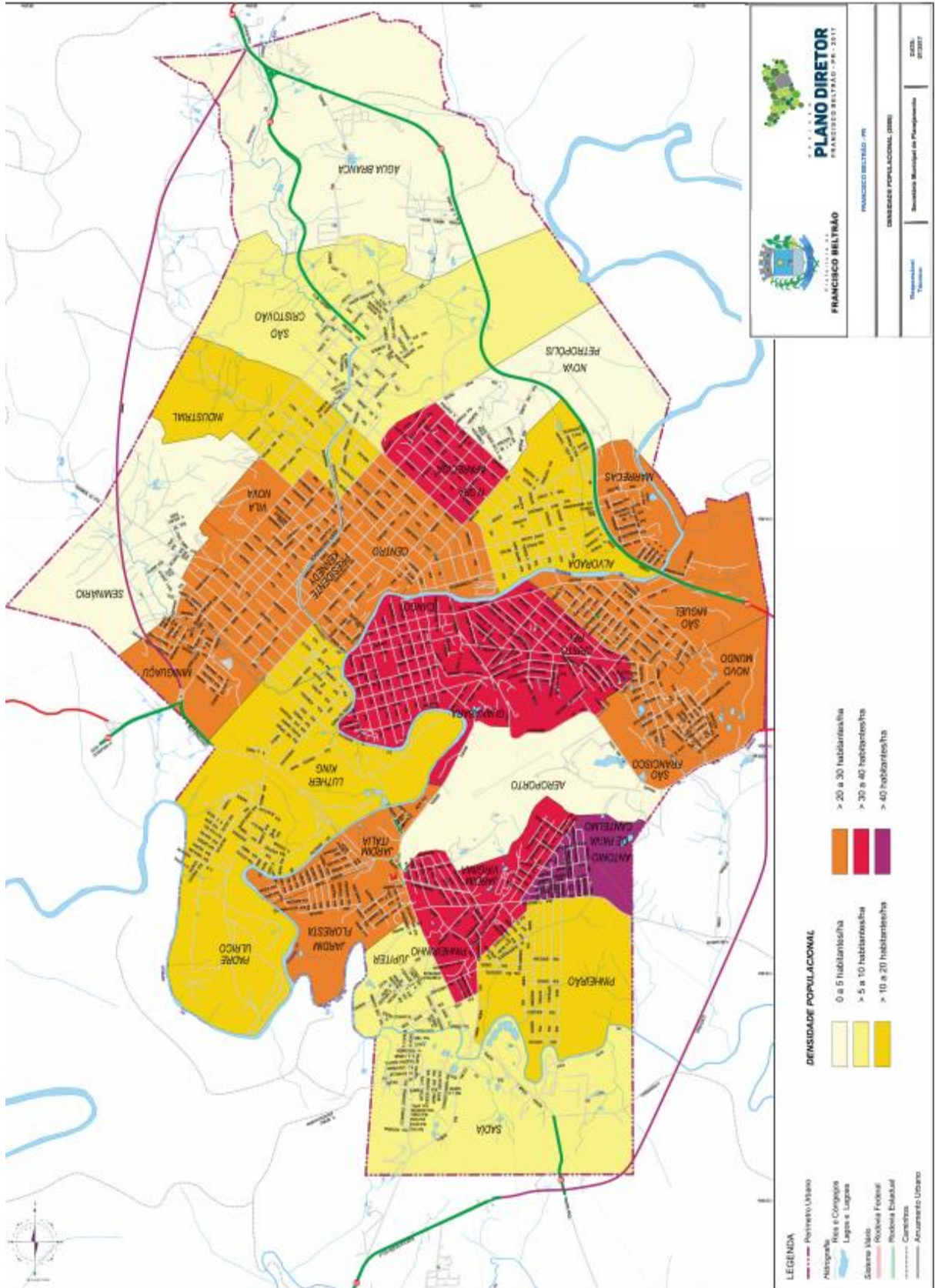
5.2	6047	CONCRETO MAGRO 1:4:8 (CIMENTO + AREIA GROSSA + PEDRA BRITADA NR 2 OU 25 MM), COM PREPARO MANUAL, CONSUMO CIMENTO 210 KG/M³	m³	0,02	296,24	5,92
5.3	PROJETO	TAMPA DA INSPEÇÃO DA CISTERNA (80 CM X 86 CM) EM CHAPA GALVANIZADA PLANA 14 GSG 1,994 MM 16,020 KG/M2, INCL. 02 PORTAS CADEADO ZINCADO OXIDADO PRETO E PINTURA ANTICORROSIVA	m²	0,90	64,10	57,69
6.0		REVESTIMENTOS				2.169,13
6.1	73927/009	REBOCO PAULISTA (MASSA UNICA) TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESSURA 2,0CM, PREPARO MANUAL	m²	44,07	23,94	1.054,99
6.2	73741/001	REBOCO PAULISTA (MASSA UNICA) TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 2,0CM, PREPARO MANUAL, INCLUSO ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	m²	23,55	26,19	616,76
6.3	73991/001	PISO CIMENTADO LISO (QUEIMADO), TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 1,5CM, PREPARO MANUAL, INCLUSO ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	m²	7,07	34,95	247,11
6.4.	87393	CHAPISCO EM PAREDES TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MANUAL	m²	2,76	5,92	16,34
6.5.	3520	JOELHO PVC SOLDÁVEL 90° PB ESGOTO PREDIAL DN 100MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	1,00	5,13	5,13
6.6.	72557	JOELHO PVC SOLDÁVEL 45° PB ESGOTO PREDIAL DN 100MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	01	21,14	21,14
6.7.	7091	TE SANITARIO 100X100MM, JUNTA SOLDADA - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	02	9,86	19,72
6.8.	74165/004	TUBO PVC PARA ESGOTO PREDIAL DN 100MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	m	9,00	20,88	187,93
7.0.		PINTURA				67,87
7.1.	73999/001	PINTURA COM CAL, EM PAREDES INTERNAS E EXTERNAS, 03 DEMAOS	m²	8,70	5,47	47,55
7.2.	73924/001	PINTURA ESMALTE BRILHANTE, DUAS DEMAOS, PARA FERRO	m²	0,90	22,58	20,32
TOTAL DOS SERVIÇOS DA CISTERNA SEM B.D.I.						5.960,92

ANEXOS

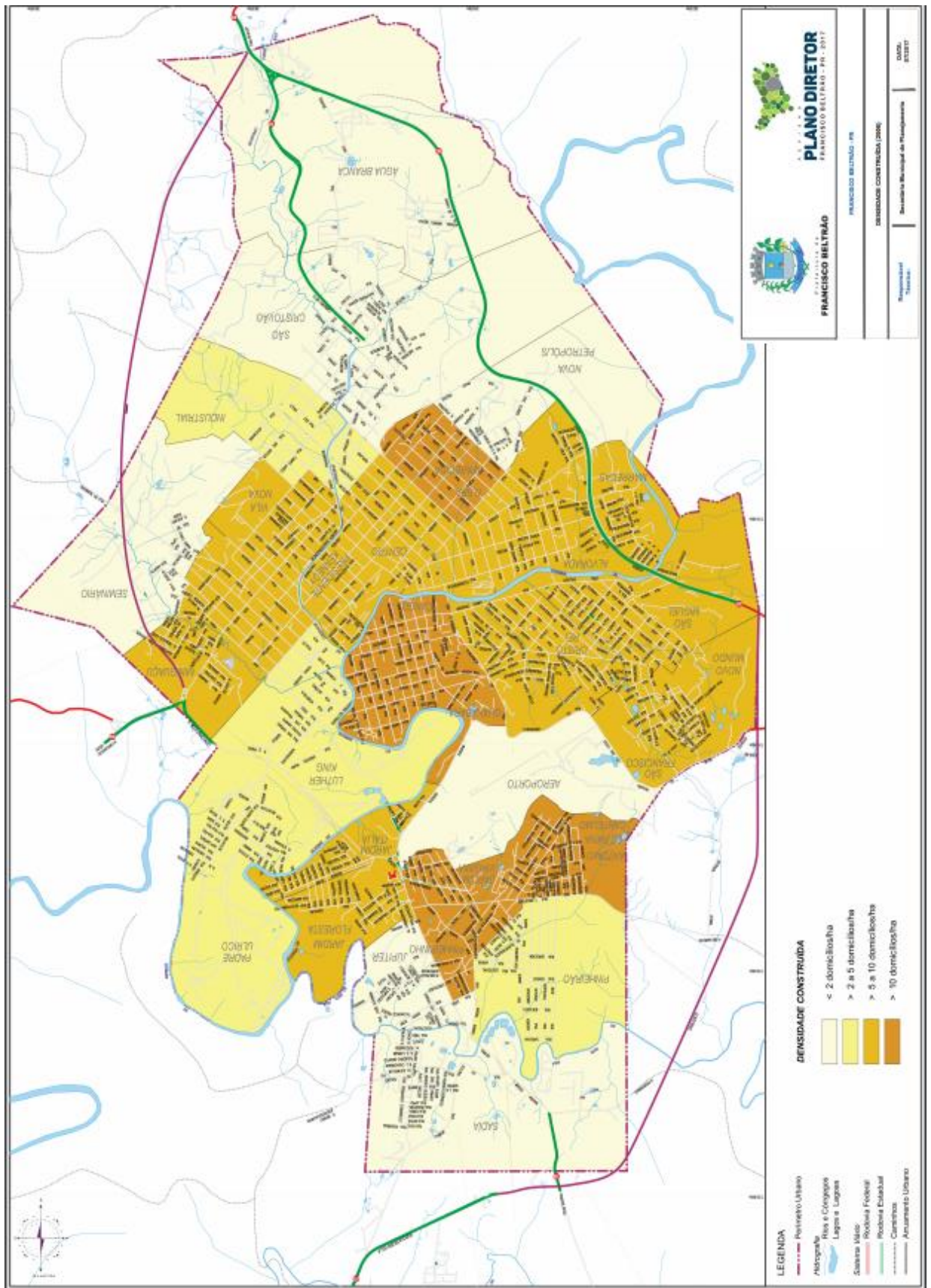
ANEXO A – MAPA DE ALERTA DE ENCHENTES DE FRANCISCO BELTRÃO-PR



ANEXO B – MAPA DE DENSIDADE POPUCIONAL DE FRANCISCO BELTRÃO-PR



ANEXO C – MAPA DE DENSIDADE CONSTRUÍDA DE FRANCISCO BELTRÃO-PR



ANEXO D – MAPA DE DECLIVIDADES DE FRANCISCO BELTRÃO-PR

