

INFRAESTRUTURA VERDE PARA O CONTROLE E A MITIGAÇÃO DOS EFEITOS
DE ENXURRADAS E ENCHENTES URBANAS EM PRESIDENTE
VENCESLAU/SP/BRASIL

MESTRADO PROFISSIONAL EM GEOGRAFIA

Livia Alexandrina dos Santos Josué

Título: INFRAESTRUTURAS VERDES PARA O CONTROLE E A MITIGAÇÃO
DOS EFEITOS DE ENXURRADAS E ENCHENTES URBANAS EM
PRESIDENTE VENCESLAU/SP/BRASIL

FOLHA DE ROSTO

Lívia Alexandrina dos Santos Josué

Título:

INFRAESTRUTURAS VERDES PARA O CONTROLE E A MITIGAÇÃO DOS
EFEITOS DE ENXURRADAS E ENCHENTES URBANAS EM PRESIDENTE
VENCESLAU/SP/BRASIL

Dissertação apresentada a Faculdade de
Ciências e Tecnologia da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
como requisito para obtenção do título de
Mestre em Geografia

**Orientador: Dr. Fernando Sérgio
Okimoto**

J84i

Josué, Livia Alexandrina dos Santos

Infraestrutura verde para o controle e a mitigação dos efeitos de enxurradas e enchentes urbanas em Presidente Venceslau/SP/Brasil / Livia Alexandrina dos Santos Josué. -- Presidente Prudente, 2020
98 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: Fernando Sérgio Okimoto

1. Infraestruturas verdes. 2. Drenagem urbana sustentável.

~~3. Cidades Esponja. 4. Presidente Venceslau - SP. I. Título.~~

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

FOLHA DE APROVAÇÃO**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA****Câmpus de Presidente Prudente****CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

DISSERTAÇÃO: INFRAESTRUTURA VERDE PARA O CONTROLE E A MITIGAÇÃO DOS
EFEITOS DE ENXURRADAS E ENCHENTES URBANAS EM PRESIDENTE
VENCESLAU/SP/BRASIL

AUTORA: LIVIA ALEXANDRINA DOS SANTOS JOSUÉ**ORIENTADOR: FERNANDO SÉRGIO OKIMOTO**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em
GEOGRAFIA, área: Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Comissão
Examinadora:

Prof. Dr. FERNANDO SÉRGIO OKIMOTO

Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente / Unesp/FCT

Profa. Dra. MARIA CRISTINA RIZK

Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente / FCT/UNESP - Presidente Prudente

VIDEOCONFERÊNCIA

Prof. Dr. PAULO FERNANDO SOARES

Engenharia Civil / Universidade Estadual de Maringá/Maringá (PR)

VIDEOCONFERÊNCIA

Presidente Prudente, 19 de junho de 2020

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus amados pais, ao Rodrigo, Laís, Lucas, aos pequenos Arthur, Cecília e Lolinha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me capacitou e me aproximou das pessoas certas durante a trajetória.

Aos meus pais, meu esposo e meus irmãos que sempre me deram suporte para não desistir.

Sou grata a muitas pessoas e instituições que me deram suporte para concluir esse trabalho.

Primeiramente à FCT-UNESP, à qual sou eternamente grata, desde à minha graduação, até o momento atual, pós-graduanda, que me permitiu ser a profissional e a pessoa que sou hoje.

A todos os docentes do curso, aos meus colegas, alguns que se tornaram amigos. Obrigada e sucesso a todos.

Ao meu orientador, professor Fernando, que foi incrível. Com toda a sua paciência, sensibilidade e dedicação ao meu trabalho e a mim como ser humano. Serei eternamente grata!

À Prefeitura Municipal de Presidente Venceslau, obtive dados e informações valiosas, onde tenho verdadeiros amigos e amigas, que me incentivam e me apoiam, principalmente da adequação do meu horário de trabalho. Meu muito obrigada aos meus amigos da Secretaria de Planejamento: Adriana, Bruna, Edinei e Minoru. É muito bom dividir experiências com profissionais tão competentes e pessoas tão generosas.

Ao Comitê de Bacias Hidrográficas do Pontal do Paranapanema, parceiro da Pós Graduação, do qual eu vim a ter o primeiro contato com o curso, recebi o apoio e incentivo, e estou concluindo o ciclo com muita alegria e gratidão aos colegas de Comitê.

“Justificar tragédias como ‘vontade divina’ tira da gente a responsabilidade por
nossas escolhas”
(Umberto Eco).

RESUMO

Presidente Venceslau é um município do interior do Estado de São Paulo de pequeno porte que, no entanto, enfrenta problemas típicos de grandes centros urbanos, como os enchentes e enxurradas. Com um sistema de drenagem baseado exclusivamente em infraestruturas cinzas, que nos últimos dez anos indicaram que há a necessidade de mudança, em virtude de frequentes eventos de enchentes e enxurradas que causam grandes prejuízos aos moradores e ao poder público municipal.

Como tem ocorrido em diversos municípios, a expansão urbana em Presidente Venceslau segue as tendências de mercado desconsiderando fatores ambientais e urbanísticos, focando principalmente na economia. Como consequência, a cidade passou a apresentar, dentre outros problemas, enchentes e drenagem urbana insuficiente, que exige soluções a curto e médio prazo para evitar maiores prejuízos tanto para o poder público quanto o setor privado.

O centro de Presidente Venceslau, mais especificamente o Quadrilátero Central, conta com calçadas em diversos padrões. A região mais antiga da cidade contava com pavimentação de pedras de concreto pré-moldadas, e no ano de 2016 o município recebeu um recurso do Governo Federal para recapeamento das vias, anulando a capacidade de permeabilidade de uma área de 25.499,10 m².

A proposta da pesquisa é realizar uma pesquisa bibliográfica e análise do Plano de Drenagem urbana além de rever o plano de ações de modo a sugerir propostas mais acessíveis. Foi considerando a melhora não somente na drenagem, mas também no aspecto paisagístico, com projetos de calçadas que contemplem pisos permeáveis, e uma composição vegetal que requalifique a região do quadrilátero central de Presidente Venceslau.

Palavras-chave: Infraestruturas verdes, Drenagem urbana sustentável, Cidades Esponja, Presidente Venceslau- SP

ABSTRACT

Presidente Venceslau is a small town in the interior of the State of São Paulo, however it faces problems typical of large urban centers, such as floods. With the drainage system based exclusively on grey infrastructure, recent years have indicated that there is a need for change, due to frequent events of floods and floods that cause great damage to residents and municipal government.

As has occurred in several municipalities, the urban expansion in Presidente Venceslau follows market trends disregarding environmental and urbanistic factors, focusing mainly on the economy. As a consequence, the city started to present, among other problems, floods and insufficient urban drainage, which requires solutions in the short and medium term to avoid greater losses to both public and private authorities.

The center of Presidente Venceslau, more specifically the Central Quadrilateral, has sidewalks in several patterns. The oldest region of the city had pre-molded concrete paving stones, and in 2016 the city received a Federal Government resource for road resurfacing, annulling the permeability capacity of an area of 25,499.10 m².

The research proposal is to perform a bibliographic research and analysis of the Urban Drainage Plan besides reviewing the action plan in order to suggest more accessible proposals, considering the improvement not only in the drainage, but also in the landscape aspect, with projects of sidewalks that contemplate permeable floors, and a vegetal composition that requalifies the central quadrilateral region of Presidente Venceslau.

Keywords: Green Infrastructure, Sustainable Urban Drainage , Stormwater, Sponge City, Presidente Venceslau- SP

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Vista da Zona Norte de São Paulo com céu encoberto, garoa e frio às 16h do dia 19/08/2019— Foto: Alex Silva/Estadão Conteúdo</i>	21
<i>Figura 2- Esquema de comparação entre o ambiente natural e o meio antropizado e alteração no percentual de infiltração de água no solo.</i>	25
<i>Figura 3- Esquema de representação dos ciclos fluviais. Fonte: GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M.</i>	29
<i>Figura 4 - Esquema típico de Telhado Verde. Fonte: BESIR; CUCE, 2017, v. 82, Renewable and Sustainable Energy Reviews, p. 915</i>	34
<i>Figura 5- Biovaleta em Bishan-Ang Mo Kio Park. Fonte: Cingapura, 2018. ABC Waters Design Guidelines, 2018.</i>	35
<i>Figura 6- Jardim de chuva implantado em 2010 no Campus da UD LEWES. Fonte: Mooy, et al. 2016)</i>	36
<i>Figura 7- Canteiro pluvial entre as faixas de uma avenida em Cingapura. Fonte: Cingapura, 2018</i>	37
<i>Figura 8- Tipologia com diferentes aplicações de pisos permeáveis</i>	38
<i>Figura 9- A- Lagoa Pluvial- – integra o sistema de drenagem naturalizado do bairro.</i>	39
<i>Figura 10- The Appoquinimink School - Sala De Aula Ambiental</i>	40
<i>Figura 11- Exemplo de Sarjeta permeável</i>	41
<i>Figura 12- Corte esquemático de uma via com tipologias de Infraestrutura verde integradas. Fonte: Moura, 2014</i>	41
<i>Figura 13- Esquema de cidade esponja</i>	43
<i>Figura 14- Planta baixa e corte do Yanweizhou Park.</i>	44
<i>Figura 15- Yanweizhou Park, localizado em Jinhua City durante o período de estiagem.</i>	45
<i>Figura 16- Yanweizhou Park, localizado em Jinhua City durante o período de cheias.</i>	45
<i>Figura 17- Montagem de fotos que justificam a necessidade de um plano de drenagem para Lisboa- Portugal</i>	48
<i>Figura 18- Plano de implantação de Corredores Verdes em Lisboa- Portugal</i>	49
<i>Figura 19: Sistema de drenagem de água combinado em período de estiagem e em período de chuvas</i>	50
<i>Figura 20- Mapa interativo indicando locais de implantação de Jardins de Chuva em Nova Iorque</i>	51
<i>Figura 21: Recorte de jornal que convida a população a se voluntariar na construção de um Jardim de chuva no Bosque das Araucárias</i>	52
<i>Figura 22: Reportagem ilustrando a implementação de jardins de chuva no Rio de Janeiro. Recorte do Jornal O Globo. Dia 26/09/2019</i>	53
<i>Figura 23- Mapa de localização do Município. Fonte: Plano de Drenagem Urbana de Presidente Venceslau</i>	54
<i>Figura 24- Extração de Peroba e escoamento via linha férrea. Fonte: Acervo digital da Prefeitura Municipal de Presidente Venceslau</i>	55
<i>Figura 25- Mapa da cidade do início da ocupação. Fonte: D’Incao, 2005</i>	57
<i>Figura 26- Foto da Câmara Municipal, onde é possível ver a pavimentação com blocos de concreto. Fonte: Acervo da Prefeitura</i>	57

<i>Figura 27- Montagem de imagens de antes do recapeamento asfáltico em janeiro de 2016 e depois do recapeamento asfáltico, em março de 2016, na Av. Princesa Isabel. Fonte: acervo autora, 2016</i>	59
<i>Figura 28- Montagem de imagens de danos provocados após rompimento de galeria em Presidente Venceslau-SP, 2017- Acervo da autora</i>	62
<i>Figura 29- Recorte dos limites da área urbana em 2002. Imagem do Google Earth de 17/06/2002, editado pela autora</i>	63
<i>Figura 30- Recorte dos limites da área urbana em 2019. Imagem do Google Earth de 21/06/2019. Editado pela autora</i>	64
<i>Figura 31- Imagem do ano de 2002 que indica a área que atualmente está densamente ocupada. Imagem do Google Earth de 21/06/2019. Editado pela autora</i>	65
<i>Figura 32- Imagem do Google Earth de 21/06/2019 que indica a expansão urbana que ocorreu em 17 anos. Editado pela autora</i>	66
<i>Figura 33 – Imagens aéreas após as chuvas de março de 2017. data Acervo da Prefeitura Municipal de Presidente Venceslau, 2017</i>	66
<i>Figura 34- Recorte do mapa topográfico do Município- Fonte- Plano de Drenagem Urbana do Município.</i>	69
<i>Figura 35- Recorte que tem o bairro Residencial Azenha ao centro, com apenas o traçado das vias. Imagem do Google Earth de 21/06/2019. Editado pela autora</i>	70
<i>Figura 36- Recorte que destaca o bairro Residencial Azenha. Fonte: Google Earth de 21/06/2019. Editado pela autora</i>	70
<i>Figura 37-Montagem com imagens de Notícias de 2015 e 2016 de alagamentos que invadem as mesmas casas nos bairros Jardim Europa e Jardim Eldorado</i>	71
<i>Figura 38- Registro de uma residência alagada no Bairro Residencial da Faive do dia 29/03/2020</i>	72
<i>Figura 39- Mapa da divisão de Presidente Venceslau em Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Fonte: Plano de Macrodrenagem Urbana de Presidente Venceslau</i>	74
<i>Figura 40- Notícia sobre chuvas atípicas na região de Presidente Venceslau</i>	78
<i>Figura 41- Mapa de ocorrências de danos. Fonte: Elaborado pela autora, 2020</i>	79
<i>Figura 42- Mapa com destaque para o centro da cidade. Elaborado pela Autora. 2020.</i>	82
<i>Figura 43- Detalhe do jardim e da calha que despeja as águas pluviais nas guias. Fonte: acervo da autora, 2020.</i>	83
<i>Figura 44- Detalhe do jardim e da calha que despeja as águas pluviais nas guias. Fonte: acervo da autora, 2020.</i>	84
<i>Figura 45- Vista frontal dos jardins do Paço Municipal. Fonte: acervo da autora, 2020.</i>	85
<i>Figura 46-Detalhe do jardim e da calha que passaria a absorver a água da cobertura. Fonte: esquema projetado pela autora 2020.</i>	85
<i>Figura 47-Registro do dia 05/01/2020- Rua São Paulo- entre o Paço Municipal e a Rodoviária. Acervo da autora</i>	86
<i>Figura 48- Proposta para jardim de chuva no passeio público. Fonte: esquema projetado pela autora. 2020.</i>	87
<i>Figura 49-Registro do dia 10/01/2020- Avenida Jorge Tibiriçá. Acervo da autora. 2020.</i>	88
<i>Figura 50- Proposta de infraestruturas verdes para as avenidas com canteiro central de Presidente Venceslau. Fonte: esquema projetado pela autora. 2020.</i>	89

<i>Figura 51- Fotos da Praça Nicolino Rondó. Acervo da autora. 2019.</i>	<u>90</u>
<i>Figura 52- Foto da Calçada principal da Praça Nicolino Rondó. Acervo da autora 2020</i>	<u>90</u>
<i>Figura 53- Proposta de calçada para a praça Nicolino Rondó. Elaborado pela autora. 2020.</i>	<u>91</u>

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Representação das ocorrências no Estado de São Paulo. Fonte:

Elaborado pela Autora (2019) _____ 61

Gráfico 2- Precipitações médias mensais em Presidente Venceslau-SP., elaborado pela autora, 2019 Fonte: Dados do DAEE, 2019, elaborado pela autora, 2019 ____ 76

Gráfico 3- Precipitações mensais totais. Fonte: Elaborado pela autora, 2018 ____ 77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fases de desenvolvimento das cidades. Fonte: Adaptado de Tucci (2008) pela autora- 2019	24
Tabela 2- Classificação dos desastres hidrológicos de acordo com a COBRADE- Fonte- Elaborado pela autora, 2020.	28
Tabela 3- Valores para execução do Plano de Drenagem Urbana de Presidente Venceslau. Elaborada pela autora, 2019.	75

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. GERAL:	16
2.2. ESPECÍFICOS:	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:	17
3.2. DIAGNÓSTICOS:	17
3.3. RESULTADOS E PROPOSTAS:.....	18
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
4.1. VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS	19
4.2. PLANEJAMENTO E PRODUÇÃO DAS CIDADES	22
4.3. DESASTRES NATURAIS.....	26
4.4. ENXURRADAS, ENCHENTES, INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS	27
4.5. DESASTRES NO MEIO URBANO	29
4.6. INFRAESTRUTURAS VERDES.....	31
4.6.1. Telhados verdes	33
4.6.2. Biovaletas ou Valetas vegetadas.....	34
4.6.3. Jardins de chuva.....	35
4.6.4. Canteiros pluviais	36
4.6.5. Pavimentos permeáveis	37
4.6.6. Lagoas secas, lagoas pluviais ou bacia de retenção	38
4.6.7. Cisternas e tanques de água de reuso	39
4.6.8. Sarjetas permeáveis	40
4.7. INFRAESTRUTURAS VERDES NO MUNDO: CIDADES MODELO.....	42
4.7.1. Cidades Chinesas e o conceito de <i>Sponge City</i>	42
4.7.2. Cidades da Europa e o conceito de <i>European Green Capital</i>	46
4.7.3. New York City e o programa Environmental Protection.....	50
4.7.4. Primeiros projetos no Brasil	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
5.1. Caracterização do Município	54
5.2. A Drenagem Urbana no Município de Presidente Venceslau	58
5.3. Evolução da urbanização e consequências	62
5.3.1. Residencial Maximimo:	64
5.3.2. Residencial Azenha	69
5.3.3. Residencial da Faive	72
5.4. ANÁLISE DO PLANO DE DRENAGEM URBANA EXISTENTE	73
5.5. REGIME DE CHUVAS NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE VENCESLAU ...	76
6. PROPOSTAS	82
6.1. PROPOSTAS NA ESCALA DAS EDIFICAÇÕES	84
6.2. PROPOSTAS NA ESCALA URBANA	87
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o relatório de 2014 da ONU, até 2030, 60% da população mundial viverá em cidades. As mudanças climáticas, aliadas à emissão dos gases de efeito estufa e a urbanização desordenada, acabam por alterar por completo o uso do solo, os recursos naturais, o meio ambiente e consequentemente interfere negativamente no ciclo hidrológico e expõe que mudanças são urgentes e necessárias (CORMIER, et al. 2013).

A prosperidade humana requer infraestrutura, que geralmente são definidas como todos os elementos de sistemas inter-relacionados que fornecem bens e serviços essenciais para permitir, sustentar ou melhorar as condições de vida da sociedade (FULMER, 2009). No entanto, desde a década de 1980, cientistas e ambientalistas sugerem que os ecossistemas também devem ser considerados como um tipo de infraestrutura (YU, 2012).

Maricato (2000) afirma que o urbanismo brasileiro é excludente. Não tem comprometimento socioambiental com a cidade como um todo, somente com uma parte da cidade. Assim sendo, a população pobre acaba ocupando as áreas das cidades que estão mais suscetíveis às inundações, enchentes e aos deslizamentos.

A antropização do meio ambiente, que ocorre com a urbanização, é a gênese de diversos eventos de escassez de água, enchentes, inundações e poluição. Tem ficado cada vez mais evidente que a gestão dos recursos hídricos está sendo feita de forma inadequada. Para mitigar os efeitos nocivos da urbanização na gestão da drenagem urbana, tem se buscado adaptar as tipologias existentes, que são as galerias de águas pluviais convencionais, para sistemas de infraestruturas verdes, promovendo a gestão sustentável da água (TUCCI, 2005).

Os termos “infraestrutura verde”, “infraestrutura natural”, “infraestrutura verde e azul” ou “infraestrutura ecológica” estão sendo largamente usados na literatura (Silva, Weller, 2017). Herzog (2009) afirma que o oposto aos conceitos supracitados, as infraestruturas cinzas e os modos de produção das cidades estão sendo revistos em função de todos os benefícios que as infraestruturas verdes podem trazer, como, por exemplo, a reestruturação de ciclos hidrológicos, a melhora nas questões ambientais e paisagísticas das cidades, o aumento da evapotranspiração no

microclima local e o achatamento das amplitudes térmicas (menores temperaturas extremas).

As tipologias de infraestruturas verdes têm as vantagens de minimizar a degradação da paisagem, melhorar a qualidade do ar e da água, auxiliar na recarga das águas subterrâneas, retomando os ciclos hidrológicos e melhorando a paisagem do meio urbano e rural (CINGAPURA, 2018; HERZOG, ROSA, 2010; MOURA, 2013; NGUYEN, et al. 2018).

A implantação das infraestruturas tradicionais tem custos de implantação e manutenção muito mais elevados do que para as infraestruturas verdes (CORMIER, et al. 2008; MOURA, 2013). Além dos benefícios ambientais e em razão da existência de diversas tipologias, que podem se adequar a diferentes realidades e escalas, as infraestruturas verdes vêm sendo utilizadas como alternativa nos sistemas de drenagem (NGUYEN et al, 2018).

Assim, esse trabalho estuda e propõe mudanças na forma como Presidente Venceslau vêm sendo produzida e reproduzida, já que a cidade não tem se mostrado resiliente aos eventos de chuvas intensas da última década, sendo altamente suscetível a danos provocados por inundações, enchentes e enxurradas.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL:

Estudar as Infraestruturas Verdes como estratégias de prevenção, de controle e de mitigação dos efeitos das inundações e enxurradas, especialmente as, potencialmente, aplicáveis em Presidente Venceslau.

2.2. ESPECÍFICOS:

- Analisar a produção do espaço urbano do município, histórico de ocupação e sua relação com enxurradas e alagamentos;
- Analisar o Plano de Drenagem Urbana Municipal e como estão sendo aplicados os recursos e previsão de execução do mesmo;
- Identificar quais as regiões mais afetadas do município por inundações e enxurradas e as possíveis causas
- Propor adoção de novas tipologias, baseadas nas infraestruturas verdes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos traçados, foram definidos procedimentos específicos para cada um deles.

3.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

Foram realizadas pesquisas em artigos de revistas de reconhecido valor científico, revisadas publicações dos principais autores que trabalham com a temática de Infraestruturas verdes e buscado por suas publicações atualizadas, de modo a identificar a cronologia, o reconhecimento e a validação das afirmações de que são necessárias mudanças na forma como as cidades são construídas, optando pela predominância da impermeabilização das superfícies.

3.2. DIAGNÓSTICOS:

Foram realizadas vistorias em praças públicas, vias e edificações com o intuito de verificar a viabilidade da implantação de algumas das tipologias de Infraestrutura verde.

Foram feitos levantamentos sobre as legislações em vigor no município e conteúdo relacionado à drenagem urbana e conservação do meio ambiente, recursos hídricos, solo e resíduos. Os levantamentos foram feitos na documentação física disponível na Secretaria de Planejamento, com auxílio de funcionários que estão a mais tempo na função e, também, no conteúdo disponível online nos sites da Prefeitura Municipal e Câmara Municipal.

Foi acessado o acervo de dados da Secretaria de Planejamento e Secretaria de Obras, por meio dos projetos de galerias pluviais e ocorrências de sinistros após chuvas intensas, relatórios da Defesa Civil, formulários, mapas, fotografias, projetos de adequação e histórico dos acontecimentos, foram separados cronologicamente e indicando os bairros que sofriam danos de alagamentos ou enxurradas.

Para analisar a situação e como adequar foi estudado e revisado todo o Plano de Drenagem do Município, as tipologias propostas e custos de implantação do sistema e levantamento dos investimentos que já foram aplicados.

Com os levantamentos dos relatórios da Defesa Civil que indicam os pontos mais afetados com alagamentos, inundações e enxurradas, foram pesquisadas imagens de satélite mais antigas que apresentem a situação do passado para um comparativo com a situação atual e estão sendo estudadas como eram as áreas antes das ocupações, se já haviam ocupações, qual a densidade e permeabilidade do solo, se haviam danos como erosões, se houve evolução. A partir disso serão analisados os casos e possibilidade de implantação de novos sistemas.

3.3. RESULTADOS E PROPOSTAS:

Foram elaborados mapas do município de susceptibilidade às inundações e enchentes, por meio do levantamento dos relatórios da Defesa Civil que foram feitos a partir de 2009, considerando os últimos 10 anos.

Foi definido a área da proposta: o centro da cidade que é altamente impermeabilizado, e, além das características físicas, é a área de maior visibilidade, o que pode estimular os moradores a seguirem os exemplos aplicados no centro da cidade.

Por fim, foram propostas alterações baseadas na adoção das infraestruturas verdes como meio de reverter as causas das enchentes, inundações e enxurradas que atualmente causam problemas no município.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica necessária para a compreensão da temática foi estruturada para, inicialmente, discutir as alterações climáticas pertinentes que estão em andamento no planeta em que vivemos. A seguir, foi realizada uma análise das afetações antrópicas decorrentes dos modos de produção das cidades que se têm utilizado. Posteriormente, discorreu-se sobre os desastres naturais decorrentes das duas temáticas anteriores e como as cidades estão enfrentando suas consequências. Por fim, discorreu-se sobre a potencial solução proposta: as infraestruturas verdes em geral e suas aplicações.

4.1. VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O clima é um elemento bastante dinâmico e variável, que tem se transformado ao longo dos milhares de anos na terra. De acordo com a ANA (2016) o clima possui uma variabilidade temporal e espacial que são influenciados pelas condições geográficas, geológicas e atmosféricas e a variabilidade climática pode ser subdividida entre diferentes intervalos de tempo, sendo desde anuais a seculares. A partir dos levantamentos de estações climatológicas é possível obter históricos dos eventos e planejar as atividades humanas, pois muitos dos eventos extremos acabam se repetindo em intervalos distintos.

Ao longo dos anos estão sendo realizadas aferições das condições climáticas e foi possível afirmar que o planeta está aquecendo gradualmente, e que as variações de temperatura obedecem a um padrão de repetição, bem como eventos de precipitações intensas se repetem de tempos em tempos (OLIVEIRA, et al.2009), que estão sendo registrados pelas estações meteorológicas.

As temperaturas estão se elevando naturalmente ao longo dos milhares de anos de existência do planeta, isso é um fato. O que se discute não são as mudanças em si, mas a forma como elas tem ocorrido de maneira mais acelerada, supostamente provocada pela antropização do ambiente, principalmente por ação dos gases que causam o efeito estufa (OLIVEIRA, et al.2009).

Prevê-se que as mudanças climáticas, devido ao aquecimento global e derretimento das geleiras, influenciem significativamente no aumento das áreas de

inundações em muitas das áreas urbanas com altas densidades populacionais do mundo, afetando principalmente populações litorâneas. (MILLER, HUTCHINS, 2005).

O que parte da comunidade científica defende é que tem ocorrido um aumento da intensidade da precipitação em curtos espaços de tempo e intervalos de estiagem cada vez mais prolongados, (SOLOMON, et. al. 2007). Índices pluviométricos anuais, no geral, permanecem os mesmos, o que tem se alterado drasticamente é a distribuição do regime de chuvas, provocando estragos e mortes.

Dados da CEMADEN¹ (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) indicam o aumento de ocorrências de chuvas extremas na cidade de São Paulo, que são aquelas em que ocorrem precipitações acima de 100 milímetros em 24 horas. Entre os anos de 1940 e 1990, pluviômetros instalados na USP e Mirante de Santana apontam, no máximo, 2 ocorrências a cada 10 anos, enquanto entre 2011 e 2020, foram registradas 11 ocorrências, conforme pode gráfico 01:

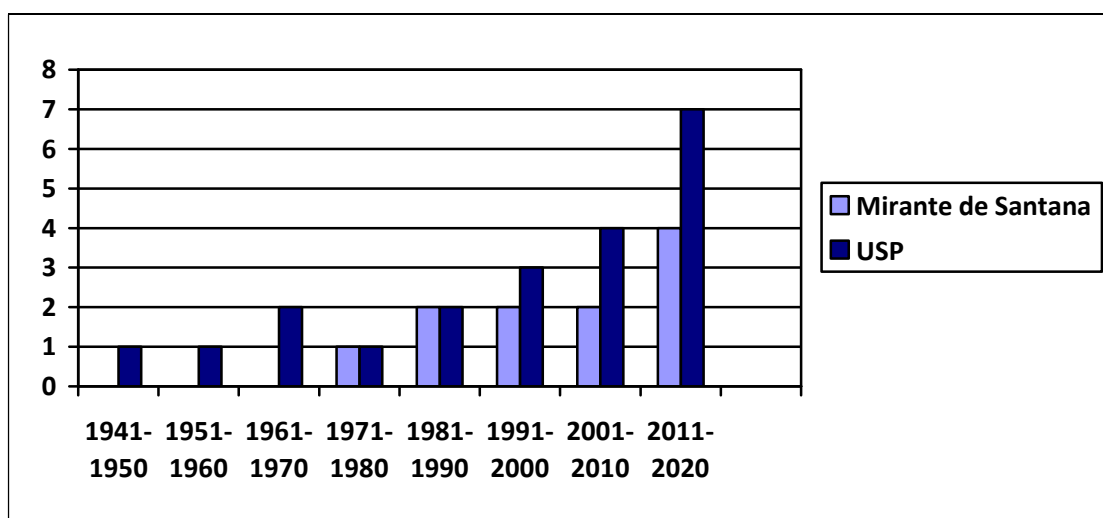


Gráfico 01 - Chuvas extremas em São Paulo. Fonte: Dados CEMADEN. Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Os dados do gráfico apontam para uma maior concentração das chuvas em intervalos de tempo cada vez mais curtos e, simultaneamente, o ambiente urbano

¹ Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br/>

vem sendo drasticamente alterado, corroborando para uma maior suscetibilidade das cidades aos danos causados por chuvas intensas.

O que não há como negar, é que, independentemente de o aquecimento global ocorrer por causas antropogênicas ou naturais, o homem acentuou o desajuste de inúmeros ecossistemas presentes no nosso planeta, alterando a cobertura e o relevo dos solos e o traçado e profundidade dos rios, para as expansões das cidades. Onde havia rios sinuosos e grandes florestas, hoje temos extensos e retilíneos canais, grandes extensões de solos pavimentados, com poucas áreas de coberturas vegetais, sendo essa modificação a principal responsável por problemas de drenagem de águas pluviais no meio urbano. (TUCCI, 2005).

As alterações antrópicas podem causar danos sistêmicos ao ambiente, mesmo que essas alterações estejam, geograficamente, distantes dos danos, tal como ocorreu na cidade de São Paulo, que no dia 19 de agosto de 2019 viu o céu escurecer a partir das 15h, de acordo com o site ClimaTempo². O fato foi que a cidade recebeu partículas de fumaça em grandes quantidades advindas das queimadas que estavam ocorrendo há dias no norte do país, conforme a figura 1:

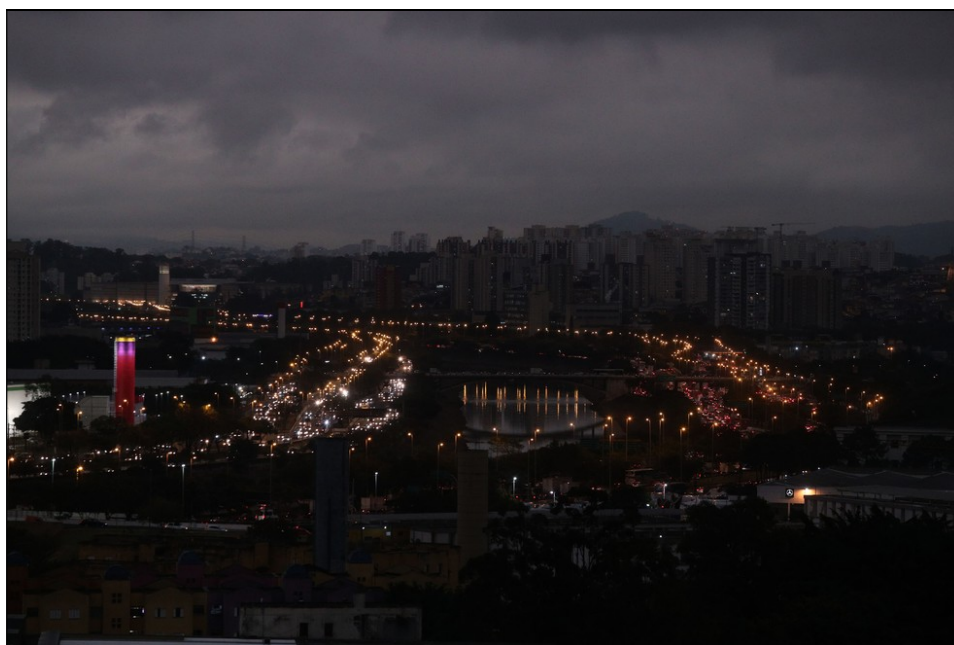


Figura 1 Vista da Zona Norte de São Paulo com céu encoberto, garoa e frio às 16h do dia 19/08/2019— Foto: Alex Silva/Estadão Conteúdo

² Disponível em: www.climatempo.com.br. Acesso em 02/12/2019

Imagens de satélite apontaram que o evento ocorrido no dia 19 de agosto de 2019 ocorreu em virtude das queimadas na região Norte do país, o que reforça o conceito de que estamos à mercê dos danos causados ao meio ambiente, mesmo que algo ocorra muito distante de onde estamos.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é um órgão criado, em parceria com a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente), com intuito de divulgar informações científicas sobre as mudanças climáticas. Tais informações podem balizar as decisões dos governos acerca dos planejamentos estratégicos de países.

O IPCC declarou, em 2019, que são necessárias mudanças sem precedentes, a nível global, para limitar o aumento médio da temperatura global em 1,5°C. No entanto, os países que são os maiores responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa, como o Brasil e os EUA, associam fatos científicos a ideologias de bases políticas e ignoram todos os alertas dados por cientistas. O Brasil é responsável por altas emissões de CO₂ em decorrência das queimadas que ocorrem anualmente nas florestas e os governos têm sido incapazes de promover ações efetivas para minimizar o problema.

4.2. PLANEJAMENTO E PRODUÇÃO DAS CIDADES

A prosperidade humana requer infraestrutura, que geralmente são definidos como todos os elementos de sistemas inter-relacionados que fornecem bens e serviços essenciais para permitir, sustentar ou melhorar as condições de vida da sociedade (FULMER, 2009). No entanto, desde a década de 1980, cientistas e ambientalistas sugerem que os ecossistemas também devem ser considerados como um tipo de infraestrutura (YU, 2012).

A transformação do meio para ocupação das cidades altera os meios bióticos e abióticos por completo. Tricart (1977) afirma que o homem participa dos ecossistemas em que vive, os modifica e, por sua vez, os ecossistemas reagem determinando algumas adaptações do Homem. Essas interações são permanentes e intensas, afetam tanto o homem do campo como o homem da cidade. As mudanças em decorrência da urbanização são as que mais alteram os ciclos naturais. (TUCCI, 2008; HERZOG, 2009)

A impermeabilização do solo além de interferir no ciclo hidrológico altera a temperatura, fato que ocorre de modo intenso no meio urbano. Tucci (2005) afirma:

As superfícies impermeáveis absorvem parte da energia solar, aumentando a temperatura ambiente, produzindo ilhas de calor na parte central dos centros urbanos, onde predomina o concreto e o asfalto. O asfalto, devido a sua cor, absorve mais energia do que as superfícies naturais e o concreto. À medida que a sua superfície envelhece escurece aumentar a absorção de radiação solar. O aumento da absorção de radiação solar por parte da superfície aumenta a emissão de radiação térmica de volta para o ambiente, gerando, calor.

Com alguns problemas relacionados à falta de planejamento urbano, que provocam inundações em alguns pontos da cidade, e ilhas de calor em outros, é recomendado o uso de ferramentas como o Balanço Hídrico, pelo método de Thornthwaite & Mather (1955), amplamente utilizado na agricultura, é muito útil para a gestão dos recursos hídricos já que apresenta déficit, excesso e variação do armazenamento de água durante as séries históricas.

Imagens de satélite podem ser importantes ferramentas de análise de qualidade ambiental. São usados para identificar ilhas de calor no meio urbano, ou mesmo índices de vegetação. Os atuais avanços na área de sensoriamento remoto nos permitem fazer uso de tais imagens para se obter diagnósticos das cidades. Por meio das imagens, podemos elaborar um mapeamento dos atributos climáticos de uma cidade (AMORIM, 2000)

A vegetação é um elemento que confere equilíbrio ao meio ambiente. Equilibra o microclima, favorece a absorção de águas das chuvas e reduz a poluição ambiental. Tais instrumentos são úteis para identificar pontos críticos e balizar o planejamento da cidade e mitigar os problemas que afetam o dia a dia dos moradores das cidades (BOURSCHEIDT, 2015).

O importante é que existem muitos meios de se obter os diagnósticos de vários aspectos da situação das cidades, e a partir deles é possível planejar as ações e aplicar os recursos financeiros de maneira mais eficiente. Segundo Viana e Amorim (2008), são poucos os estudos que abordam o clima urbano em cidades de pequeno porte, dando ênfase somente às grandes cidades, o que torna relevante a pesquisa.

O relevo vem sendo modificado, a cobertura vegetal é removida e o solo é impermeabilizado, são introduzidos condutores para o escoamento das águas

pluviais, e os rios são canalizados, tais equipamentos de infraestrutura urbana geram impactos na redução da infiltração no solo, consequentemente, ocorre a redução do abastecimento dos aquíferos, a água que antes infiltrava passa a escoar na superfície, e as galerias são construídas a fim de escoar essa água o mais rápido possível, aumentando as vazões máximas e antecipam os picos de cheias dos rios (TUCCI, 1999).

As fases de desenvolvimento das cidades possuem características distintas ao longo da história, no que se refere ao tratamento dado às águas urbanas, para melhor compreensão, foi elaborada a tabela 1 que compara as características e respectivas consequências da forma como o meio urbano veio se desenvolvendo ao longo dos últimos séculos.

Período	Características	Consequências
Final do Século XIX e início do Século XX	Fase pré-higienista, esgotamento sem coleta, ocorria em fossas era despejado na drenagem de águas pluviais, ou e água para consumo era trazida das fontes próximas como rios, poços ou fontes, sem tratamento	Doenças e epidemias, consequentemente alta mortalidade por falta de saneamento básico. Presença de inundações.
Início do século XX até a década de 1970	Fase higienista: esgotamento sanitário e águas pluviais canalizados separadamente, com intenção de afastar rapidamente da população	Diminuição das doenças, mas contaminação e degradação dos rios que passam a receber os efluentes e águas pluviais
A partir de 1970 a 1990	Fase corretiva, os efluentes passam a ser tratados e sistemas de amortecimento das águas pluviais.	Recuperação dos rios, porém aumento da poluição difusa e obras hidráulicas de grande impacto ambiental
A partir de 1990	Início dos conceitos de sustentabilidade. Busca de preservação dos sistemas naturais	Conservação do meio ambiente, diminuição das inundações e foco na qualidade de vida.

Tabela 1: Fases de desenvolvimento das cidades. Fonte: Adaptado de Tucci (2008) pela autora- 2019

A tabela aponta uma tendência de completa modificação do meio natural entre o final do século XIX e início do século XX, muito em virtude do desconhecimento, as águas eram contaminadas sem preocupação alguma, somente a partir de 1970 que as concepções passam a considerar a preservação e recomposição dos recursos hídricos, no entanto, há uma tendência de canalização e retificação dos rios urbanos, que acabou por aumentar a vulnerabilidade dos meios urbanos, principalmente com a ocupação das várzeas.

Devido a substituição da cobertura natural, ocorre ainda uma redução da evapotranspiração, já que a superfície urbana não retém água como a cobertura

vegetal e não permite a evapotranspiração das folhagens e do solo, comumente encontramos essa forma de produção do espaço nas cidades com sistemas baseados em infraestrutura cinza monofuncional (HERZOG, 2010), que são basicamente: pisos impermeáveis, grandes áreas construídas, pouca vegetação e águas pluviais canalizadas. Conforme exemplificado na figura 4 que ilustra a variação nos percentuais de absorção de água conforme o meio ambiente é modificado:

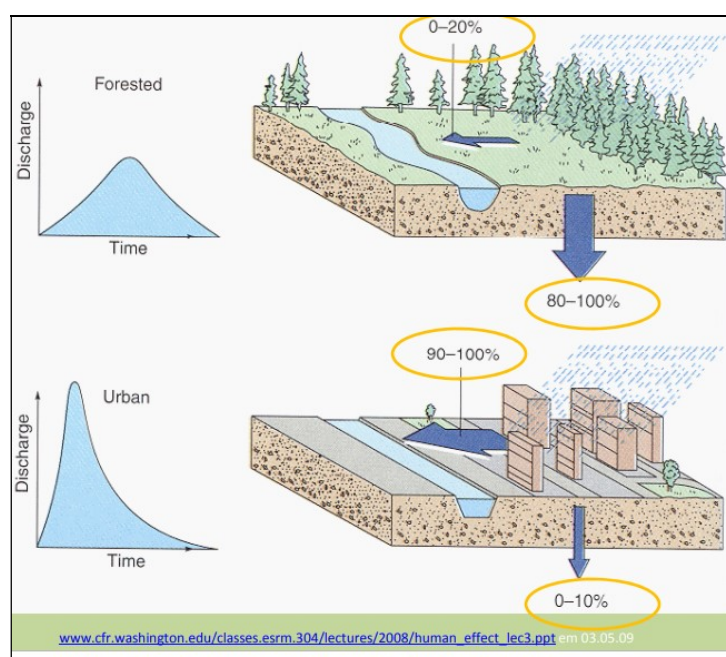


Figura 2- Esquema de comparação entre o ambiente natural e o meio antropizado e alteração no percentual de infiltração de água no solo. ³

O modelo de produção urbano das cidades ainda é o de priorizar a canalização, retificação e aterro dos rios urbanos, alterando o seu curso, desconsiderando os aspectos ambientais, culturais e sociais e favorecendo os efeitos das cheias urbanas, problema bastante comum e experimentado por diversas cidades no Brasil e no mundo, embora já haja uma tendência de requalificação, valorização e mitigação dos problemas existentes nessas áreas (LOURENÇO, et al. 2015).

Além dos fatos mencionados, juntamente com a água, todo o lixo das ruas acaba sendo levado para os canais fluviais, juntamente com o efluente do esgoto

³ Disponível em :

[http://www.mav.asn.au/CA256C320013CB4B/Lookup/futuremelbourne/\\$file/PatrickCondonFutureMelbourne.pdf](http://www.mav.asn.au/CA256C320013CB4B/Lookup/futuremelbourne/$file/PatrickCondonFutureMelbourne.pdf)- Herzog

sanitário, que frequentemente é coletado, mas não recebe tratamento antes de ser despejado nos corpos d'água. O que reforça a necessidade de canalização desses rios, já que estão deteriorados, e servem apenas para despejo dos resíduos urbanos (TUCCI, 2008)

Sobre os problemas gerados acerca do modo de produção das cidades, Maricato (2002) afirma que:

O confinamento dos córregos devido à ocupação de suas margens promove uma sequência de graves problemas: entupimentos constantes dos córregos com lixo, dificuldade de acesso de máquinas e caminhões para a necessária limpeza, enchentes decorrentes dos entupimentos e finalmente a disseminação da leptospirose e outras moléstias, devido às enchentes que transportam para o interior das favelas material contaminado pela urina dos ratos e pelos esgotos.(p.163)

A substituição de áreas com coberturas vegetais por coberturas construídas faz com que a impermeabilização diminua as taxas de infiltração, e escoamento de águas pluviais com consequentes (PHILLIPS, et al., 2018)

4.3. DESASTRES NATURAIS

O INPE 2009 (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) classifica como desastres os resultados dos impactos causados por fenômenos naturais ou provocados pelo homem que pode ser extremo ou intenso, e que atingem uma parcela de uma população e que causa danos e prejuízos dos quais excedem a capacidade de conviver com os efeitos do desastre, necessitando de apoio externo para superar. Os meios urbanos são ambientes suscetíveis a diversos desastres como terremotos, inundações, secas e estiagens prolongadas e deslizamentos que além de provocar grandes prejuízos financeiros, podem provocar diversas mortes.

A situação dos desastres naturais passa a contar com ações governamentais brasileiras a partir de 1969, quando entra em vigor um decreto presidencial (DL 950/1969) que criou Fundo Especial para Calamidades Públicas, que seria a primeira legislação relacionada a desastres naturais. Alguns anos depois, em 1988, é criado o Sistema Nacional de Defesa Civil. A partir de 2012, passa a vigorar uma nova lei (Lei 12608/2012) que estabeleceu o Sistema Nacional de Proteção e Defesa

Civil, com intenção de atuar com a idéia de gerenciamento de riscos e, assim, melhorar as ações de prevenção a desastres.

Freitas e Ximenes (2012) distinguem as causas dos desastres em causas naturais, que são atribuídos às mudanças e eventos climáticas, como: monções, o derretimento intensivo das calotas polares, furacões, ciclones, tsunamis e chuvas intensas e localizadas; e causas antropogenicas: descarte inadequado do lixo, agricultura e pecuária intensivas, o desmatamento e a construção de hidrelétricas e barragens.

De acordo com Kahn (2005), os países ricos não sofrem menos desastres naturais do que as nações mais pobres. No entanto, a grande diferença está no fato que, nos países mais ricos ocorrem menos mortes relacionadas aos desastres. Isso pode ser atribuído à capacidade desses países em lidar melhor com situação adversas extremas.

Sant'Anna (2018) afirma que os efeitos dos desastres naturais tem efeitos distribuídos e as populações pobres são as mais suscetíveis aos efeitos pela falta de uma política publica de resiliencia das cidades, e as causas são muito mais socioambientais que exógenas, e a mitigação dos danos depende mais de políticas públicas que sejam abrangentes à toda a população, e não restrita somente aos grandes centros.

Até 2012 o Brasil utilizava a Classificação de Desastres (CODAR) para definir Os eventos de enxurradas, enchentes e inundações são classificados pela Codificação Brasileira de Desastres como fenômenos naturais de origem hidrológica. Tal classificação é utilizada pela Defesa Civil em todo o país.

4.4. ENXURRADAS, ENCHENTES, INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS

Para unificar e padronizar as terminologias de desastres, foi elaborada uma tabela, de acordo com a Codificação Brasileira de Desastres- COBRADE com os dados separados por Grupos, no qual serão estudados os naturais, provocados por eventos hidrológicos. A COBRADE utiliza três terminologias para eventos relacionados a desastres hidrológico, No entanto, não há uma classificação na COBRADE para enchentes, conforme dados que estão apresentados na tabela 02:

NATURAIS	GRUPO	SUBGRUPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
	HIDROLÓGICOS	1. INUNDAÇÕES	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície	1.2.1.0.0	
		2. ENXURRADAS	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo	1.2.2.0.0	
		3. ALAGAMENTOS	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.	1.2.3.0.0	

Tabela 2- Classificação dos desastres hidrológicos de acordo com a COBRADE- Fonte- Elaborado pela autora, 2020.

Os rios aluviais possuem uma área dos seus leitos que estão sujeitas às inundações, (CASTRO, et al.1996) afirma tal evento é uma ocorrência natural, previsíveis e seus ciclos são sazonais, a cheia escoar de modo gradual, e esses eventos passam a ser considerado um problema quando esses leitos são ocupados.

De acordo com a Codificação Brasileira de Desastres (2012) as enxurradas são eventos que ocorrem em pequenas bacias de relevo acidentado ou ainda a áreas urbanas com baixas taxas de permeabilidade do solo e provocam a rápida elevação do nível dos rios. No geral, os autores concordam que as enxurradas são definidas como escoamento superficial, no meio urbano, que ocorre em decorrência altos níveis pluviométricos em curtos intervalos de tempo, e são mais frequentes em pequenas bacias de relevo acidentado, que favorece a alta velocidade e energia da água. Caracteriza-se pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial (BRASIL, 2013).

Enchentes são processos que ocorrem de maneira natural, quando há o transbordamento dos leitos dos rios, mares, lagos ou córregos, ou devido a urbanização, quando há o aumento de áreas impermeáveis e redução da infiltração

da água no solo. Em ambas as situações, sempre que as áreas suscetíveis a inundações são densamente ocupadas, as consequências podem ser muito graves para a população (TUCCI, 1995).

A figura 3 representa a variação dos níveis dos canais fluviais de acordo com o regime hidrológico:

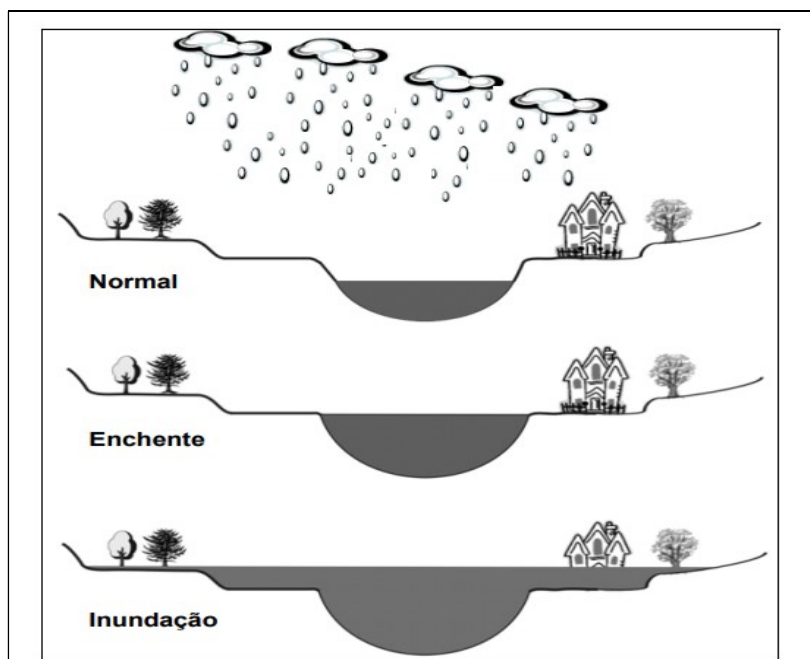


Figura 3- Esquema de representação dos ciclos fluviais. Fonte: GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M.

Quando são ocupados os leitos dos rios, ou áreas muito próximas, as edificações estão sujeitas à inundações, conforme representado na figura 3, o que é um processo natural, em virtude disso também é que devem ser respeitadas as áreas de proteção permanente, pois as edificações construídas nos leitos dos rios são muito suscetíveis à sofrerem danos.

4.5. DESASTRES NO MEIO URBANO

A problemática da drenagem urbana afeta cidades no mundo todo. Os países mais desenvolvidos também estão suscetíveis aos efeitos causados por chuvas intensas, no entanto, o que tem ocorrido é um gerenciamento de risco das situações baseado nas situações vivenciadas no passado, construindo sistemas de proteção e defesa contra as inundações (Carneiro, et al. 2009), atuando na causa e mitigando os efeitos sociais e econômicos, planejando cidades resilientes.

No início do século XX o Brasil ainda era um país predominantemente agrícola, no entanto houve uma migração da população rural para as cidades que ocorreu de maneira rápida.

As cidades brasileiras foram se desenvolvendo baseado nos preceitos urbanistas higienistas que estavam sendo implantados na Europa, principalmente em Paris, pelo então prefeito George-Eugène Haussman, que tinha por objetivo transformar as condições de higiene e salubridade das cidades, melhorar o traçado e embelezar as ruas, demolindo os núcleos urbanos existentes para dar lugar a novas ruas retilíneas e largas, conforme apontam Nascimento et al. (2012)

Dellijaicov (1998) afirma que a ocupação das várzeas dos rios Tamanduateí e Tiete, localizados na cidade de São Paulo foram ocorrendo sob argumentos hidráulicos e sanitaristas, já que os rios recebiam o efluente dos esgotos domésticos, mas o objetivo principal era financeiro, com as canalizações essas áreas passaram a ser ocupadas, expandindo a área urbana nesses locais já intensamente ocupadas em suas várzeas.

Ainda no final do século XIX, surgiam os preceitos higienistas, porém considerando as questões sociais e ambientais da cidade, a partir do engenheiro Saturnino de Britto. Ele foi o responsável pelo projeto urbano de Santos-SP. (Nascimento et al. 2013).

O que ocorreu com os rios de São Paulo, a retificação e canalização, foi um modelo que se segue por diversos municípios brasileiros, gerando os mesmos transtornos (DELLJAICOV, 1998; NASCIMENTO et al., 2013). A cidade de São Paulo, uma das maiores metrópoles do mundo, em todos os anos, durante o verão, onde se concentram os períodos de maior pluviosidade, sofre com problemas relacionados à drenagem urbana (CUSTÓDIO, 2002), e acaba sendo matéria nos principais veículos de comunicação do país, com notícias dos efeitos causados após chuvas intensas.

Custódio (2002) afirma que o problema e a busca de soluções são tão antigos quanto a formação de seu núcleo urbano, e por mais que sejam feitos diversos investimentos, a situação se agrava a cada ano. Os primeiros estudos com objetivo de propor alternativas a fim de minimizar as enchentes são de 1887, do engenheiro Betoldi (1887) , e ele afirma a importância de preservação das várzeas, das matas ciliares que protegem os canais fluviais, assuntos tão atuais nos dias de hoje, no

entanto, após passado mais de um século, a problemática das enchentes na cidade de São Paulo continua sem solução.

Assim como diversas capitais brasileiras, a cidade do Rio de Janeiro é outro exemplo de planejamento urbano ineficiente. Com o final das chuvas de abril de 2019, a cidade do Rio de Janeiro contabilizou 35 mortes em decorrência de desastres naturais associados à falta de planejamento urbano. Sant'Anna (2019) afirma que são três os principais fatores que potencializam os desastres: as chuvas extremas, a falta de infraestrutura e de cobertura florestal. Em locais com infraestrutura adequada, a probabilidade de ocorrer um desastre em casos de chuvas extremas é de 8,1%, o autor afirma que o percentual salta para 22,5% caso a região tenha esgoto a céu aberto, ou seja, as populações mais pobres são as mais vulneráveis aos efeitos causados por chuvas extremas.

4.6. INFRAESTRUTURAS VERDES

As infraestruturas verdes são equipamentos urbanos que vêm sendo discutidos e implementados com intuito de produzir cidades mais sustentáveis e resilientes a eventos climáticos extremos, sejam eles de ocorrências naturais ou antropogênicos, e os sistemas de drenagem urbana são essenciais para o bom funcionamento das cidades (DONG; GUO; ZENG, 2017).

O primeiro projeto urbano com enfoque em aliar os preceitos de resiliência da paisagem e sustentabilidade foi o Emerald Necklace, em Boston, e foi inaugurado em 1891. O projeto é admirado devido à importância dada à preservação do rio, que antes recebia efluentes de esgoto, foi totalmente recuperado, foram elaboradas interligações entre os parques urbanos já existentes e além de solucionar a questão de saneamento, havia preocupação com controle das inundações, traçado viário, recreação da população e a conservação ambiental (BONZI, 2015).

O termo infraestrutura verde- *Green Infrastructure*, foi utilizado pela primeira vez em 1994, na Flórida, pelo grupo *The Conservation Found*, e tinha como objetivo desenvolver soluções sustentáveis que pudessem alinhar os interesses econômicos, sociais e ambientais (VASCONCELLOS, 2011).

Mesmo em áreas já consolidadas é possível, mesmo que parcialmente, implantar sistemas de infraestrutura verde. Os efeitos são benéficos tanto para o

meio ambiente, por meio da mitigação dos efeitos da antropização, como pode reduzir ou minimizar enchentes e enxurradas, melhorar a paisagem e melhorar o microclima com relação à temperatura e umidade relativa do ar (HERZOG, 2009).

As tipologias de infraestrutura verde têm como principal objetivo o manejo sustentável das águas pluviais, no entanto, no que se refere à forma como são concebidas e projetadas, elas atuam no problema diferentes maneiras, o governo de Cingapura publicou o ABC Waters Design, que detalha diversas tipologias possíveis onde se pode agregar as águas urbanas ao desenho da paisagem e elas devem estar amparados no tripé: *Active*, *Beautiful* e *Clean* (CINGAPURA, 2018), conforme seguem:

- *Active*: Visa incentivar o uso dos espaços públicos, agregando a população em diversas atividades e trazendo mais vida aos espaços;
- *Beautiful*: Busca integrar as águas à paisagem natural e o meio urbano de modo esteticamente harmônico.
- *Clean*: Gerenciar as águas pluviais de modo holístico, por meio da adoção dos critérios que buscam a sustentabilidade do sistema.

As tipologias são classificadas de acordo com as suas funções, e são elas (CINGAPURA, 2018):

- *Purificação*- o escoamento das águas pluviais no meio urbano faz com que essa água traga diversos resíduos, portanto, é fundamental que ela seja purificada antes de ser incorporada aos meios fluviais, e isso ocorre utilizando um ou mais itens combinados: sedimentação, filtração e captação biológica. Todas as tipologias de infraestrutura verde são capazes de cumprir essa função;
- *Detenção*- fundamental para reduzir o fluxo de águas pluviais à jusante, pode atuar retendo a água por um período, ou promovendo lentamente a infiltração das águas. As tipologias que exercem essa função podem ser as biovaletas, os canteiros pluviais, interseções viárias, jardins de chuva, lagoas secas, muros vegetais, pavimentos porosos, ruas verdes e telhados verdes;
- *Retenção*- sistema semelhante à detenção, no entanto, a água é retida e armazenada em cisternas, tanques ou diques e utilizada posteriormente. Tal tipologia vem sendo bastante difundida em sistemas de reúso de águas de chuva, mas podem ser construídos alagados secos ou lagoas pluviais;

- Transmissão- com o objetivo de conduzir as águas pluviais do ponto inicial ao ponto de descarga final. Para este fim podem ser construídas ruas verdes ou biovaletas;
- Infiltração- as tipologias com essa função são responsáveis por promover a recarga dos aquíferos, e ocorre por meio de alagados construídos, canteiros pluviais, hortas urbanas, interseções viárias, jardins de chuva, lagoas pluviais, lagoas secas, pavimentos porosos e ruas verdes.

Para implantação dos sistemas em áreas já urbanizadas, são necessárias adaptações, o que demanda algum investimento, no entanto, o custo é inferior ao de implantação das infraestruturas cinzas convencionais (HERZOG, 2010).

4.6.1. Telhados verdes

Telhados verdes também são conhecidos como telhados vivos ou cobertura verde e já são projetados e construídos para serem cobertos por vegetação de gramados ou plantas de pequeno a médio porte (NGUYEN, et al., 2018), e as cidades alemãs tem implantado o sistema desde meados de 1970, e o sistema tem sido observado em outros países da Europa, Japão, EUA e Canadá (BRUDERMANN; SANGKAKOOL, 2019).

A aplicação de telhados verdes começou há muitos anos, mas os sistemas de telhados verdes modernos começaram a ser construídos inicialmente na Alemanha durante o início de 1960 com o objetivo de reduzir o consumo de energia nos edifícios (BRUDERMANN; SANGKAKOOL, 2019, NGUYEN, et al., 2018).

Os telhados verdes são executados, basicamente conforme figura 4, e com as respectivas funções:

- Vegetação: que vai conferir efeito paisagístico ao sistema;
- Substrato: que vai servir de suporte para desenvolvimento das plantas;
- Filtro, que vai reter as partículas de substrato;
- Sistema de drenagem de água, para escoar a água que não é absorvida;
- Camada de proteção;
- Barreira para raízes, para limitar a expansão das mesmas;
- Camada de isolamento, para isolar o sistema da edificação;
- Membrana a prova d'água, para impedir infiltrações;
- Plataforma do telhado, que sustenta e apoia o sistema na edificação.

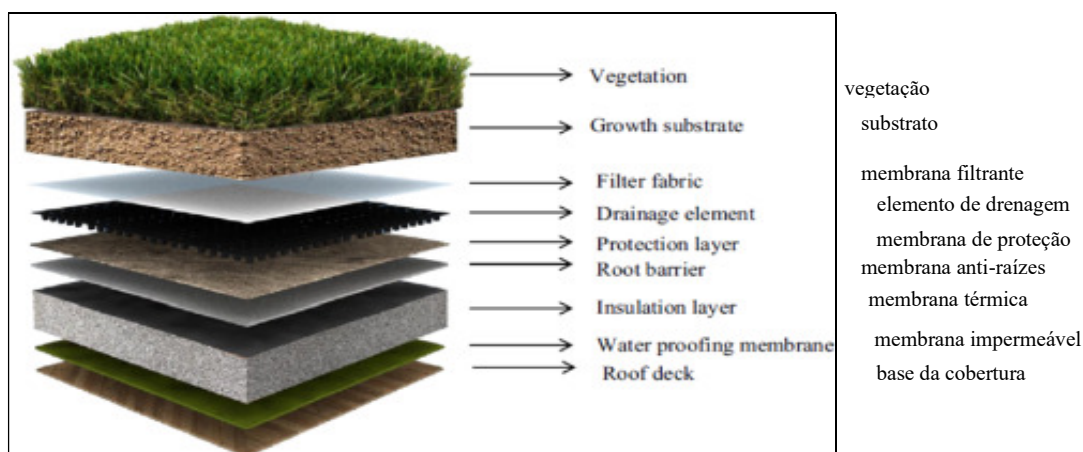


Figura 4 - Esquema típico de Telhado Verde. Fonte: BESIR; CUCE, 2017, v. 82, Renewable and Sustainable Energy Reviews, p. 915

Os efeitos apontados da implantação dos telhados verdes nos topos dos edifícios são benéficos para a edificação e para o meio urbano, como: a redução do volume de águas pluviais a escoar; mitigação dos efeitos de ilhas de calor no meio urbano; redução do consumo de energia, em consequência da diminuição do uso do ar condicionado; melhoria da qualidade do ar e da água; melhorar o habitat dos animais selvagens e a vida das plantas; e podem ainda impulsionar as atividades recreativas por meio do aumento de áreas verdes (BESIR e CUCE, 2018; BRUDERMANN e SANGKAKOOL, 2017; MENTENS et al., 2006; SHAFIQUE et al., 2018).

Nos meios urbanos já implantados, a substituição das coberturas por telhados verdes acaba sendo um grande desafio em função do custo, no entanto, tem grande impacto na infraestrutura de drenagem urbana, já que as coberturas das edificações são responsáveis por cerca de 40% a 50% das áreas impermeáveis das cidades (SHAFIQUE et al., 2018).

4.6.2. Biovaletas ou Valetas vegetadas

Os sistemas de biovaletas semelhantes aos jardins de chuva, no entanto, recebem camadas drenantes. Cada camada no sistema de bio-retenção é construída de acordo com as características de uma área específica. Estas ajudam a filtrar a poluição das águas das chuvas e a remover contaminantes por meio de processos biológicos usando plantas ativas ou camadas de limo arenoso. Sistemas

de retenção biológica são consideradas soluções viáveis em práticas sustentáveis de gestão de águas pluviais (CINGAPURA, 2018).

A geometria também é diferenciada, tendo o comprimento muito maior que a largura, conforme ilustrado na figura 5, no entanto, as funções hídras são semelhantes: amortecimento, sedimentação e filtragem das águas pluviais, no entanto, podem ser implantados para conduzir as águas de chuva para o corpo hídrico mais próximo de maneira gradual que condutores convencionais(CINGAPURA,2018; MOOY, 2016;VASCONCELOS, 2011).



Figura 5- Biovaleta em Bishan-Ang Mo Kio Park. Fonte: Cingapura, 2018. ABC Waters Design Guidelines, 2018.

Os Sistemas de bio-valetas podem potencialmente regular a qualidade da água e controlar a poluição por fontes não pontuais. Esses sistemas, podem ainda, atuar como pequenas esponjas para cidades tem sido um método popular para mitigar desastre de inundação urbana (JIANG et al., 2017a).

4.6.3. Jardins de chuva

O principal objetivo das tipologias de Jardins de chuva é diminuir o volume de água de chuva por meio de depressões ajardinadas no solo. No caso dos jardins de chuva, a vegetação está localizada em uma cota mais baixa do terreno e ela recebe, por gravidade, a água pluvial. É feito o plantio de algumas espécies vegetais que tem a capacidade de filtrar a água recebida. O sistema contribui para a recarga dos

sistemas subterrâneos e remove de maneira mais efetiva os resíduos por meio de uma filtragem preliminar. Podem, inclusive, ser implantados próximos a estacionamentos, passeios de pedestres ou edificações (CINGAPURA, 2018; MOOY et al., 2016), conforme exemplo a seguir na figura 6, onde foi utilizado um elemento paisagístico para implementar o sistema de drenagem de águas pluviais.



Figura 6- Jardim de chuva implantado em 2010 no Campus da UD LEWES. Fonte: Mooy,et al. 2016)

Como benefício, os jardins de chuva garantem melhoria da evapotranspiração, redução das temperaturas, cumprem uma função estética e paisagística, exigem baixa manutenção e baixo custo de implantação. Os sistemas de bio-retenção costumam ter camadas drenantes, enquanto os jardins de chuva não, a infiltração ocorre por meio das raízes das plantas (CINGAPURA, 2018; HERZOG, 2009, MOOY et al.2016; MOURA et al. 2014).

4.6.4. Canteiros pluviais

Com funções semelhantes aos jardins de chuva e biovaletas, o que difere ambos os sistemas é que os canteiros pluviais são compostos de substratos predominantemente drenante, e contam com massas vegetais de maior porte. São instalados nas vias urbanas ou nas calçadas. Com grande apelo paisagístico, melhorando a estética urbana, contribui para redução de ilhas de calor e aumento da evapotranspiração. Retém a umidade por meio da vegetação e permite a infiltração de águas pluviais (CINGAPURA, 2018; HERZOG, 2009).

O que difere os canteiros pluviais dos jardins de chuva é a escala. Os canteiros pluviais têm dimensões mais compactas. Conforme o exemplo de uma tipologia implantada em Cingapura, representada na figura 07:



Figura 7- Canteiro pluvial entre as faixas de uma avenida em Cingapura. Fonte: Cingapura, 2018

Os jardins de chuvas nas vias públicas além de favorecer a mitigação dos efeitos causados por chuvas intensas, conferem um efeito paisagístico importante para as cidades.

4.6.5. Pavimentos permeáveis

Os pavimentos permeáveis também são conhecidos como pisos drenantes, podem ser executados de diversas maneiras. Cada tipo de pavimento urbano é projetado de forma diferente, dependendo da quantidade de tráfego e das cargas rodoviárias. (NGUYEN, et al. 2018).

Existem cinco tipos principais de pavimentos permeáveis: pavimento de grama, asfaltos permeáveis, concretos permeáveis, e concreto de intertravamento permeável, e pavimentos de britas ou pedriscos. Esses pavimentos vêm sendo usados e implantados no mundo todo com o objetivo de melhorar a gestão de águas urbanas (CINGAPURA, 2018; HERZOG, ROSA, 2010; NGUYEN, et al. 2018), conforme exemplo na figura 08.



Figura 8- Tipologia com diferentes aplicações de pisos permeáveis⁴

Estacionamentos e passeios públicos somam grandes áreas no meio urbano, e impermeabilizadas, contribuem para o escoamento superficial e consequentemente aumentam o risco de enchentes em decorrências de chuvas intensas, substituir os pisos impermeáveis por drenantes auxiliam no restabelecimento das dinâmicas naturais dos fluxos hidrológicos, permitindo a infiltração das águas pluviais (HERZOG, 2009).

4.6.6. Lagoas secas, lagoas pluviais ou bacia de retenção

Ambas possuem a função de deter os altos volumes pluviométricos em períodos de chuvas intensas. São depressões construídas que podem ser implantadas em parques, praças e grandes áreas públicas ou privadas. Detém as águas pluviais no período de picos e permite que a infiltração ocorra de modo lento (VASCONCELOS, 2011).

⁴ Disponível em: <https://mestredeobraaristaquebarros.blogspot.com/2016/06/pisos-permeaveis-drenantes-contribuem.html>

No caso de lagoas pluviais, podem ser multifuncionais, com função bioclimática e estética, podendo até mesmo abrigar alguns habitats (HERZOG, 2009), conforme imagens a seguir da figura 9.



Figura 9- A- Lagoa Pluvial- – integra o sistema de drenagem naturalizado do bairro.

Figura B- Lagoa Seca (ou de infiltração), localizada no final do sistema natural de drenagem do bairro dentro da reserva ecológica, recebe o excedente do escoamento de águas das chuvas que não foram infiltrados durante o percurso. Ambas localizadas em Rieselfeld, Freiburg, Alemanha. Fonte: Herzog, Rosa 2010.

As bacias de retenção podem ser preenchidas com camadas de brita de diferentes granulometrias e receber gramado ou areia na base, e nos momentos em que não houver água acumulada podem receber práticas esportivas (PIROLI, 2017).

4.6.7. Cisternas e tanques de água de reuso

Com a função de armazenar a água da chuva, diminuir o escoamento superficial das coberturas das edificações, contribuindo na escala local para mitigação de enchentes urbanas. (MOOY et al. 2016). As águas devem ter usos menos nobres como regas de jardins ou descargas de bacias sanitárias, por exemplo. É uma forma de reduzir o consumo de água tratada, podem ser instalados de maneira simples em residências, implantando reservatórios nos condutores de águas dos telhados, para regas, conforme ilustração da figura 10, a seguir, ou sistemas mais elaborados, em grandes coberturas de postos de combustíveis, supermercados e prédios públicos.



Figura 10- The Appoquinimink School - Sala De Aula Ambiental

A sala de aula ambiental do distrito em Middletown na figura 10, instalou barris de chuva conectados para um sistema de armazenamento que rega a horta de legumes e ervas. O projeto é um dos primeiros do país com foco na conservação e tecnologias verdes de ponta e métodos de ensino (Mooy, et al. 2016). Esse tipo de instalação impede que as águas que escoam rapidamente, provocando sobrecarga no sistema de drenagem urbana, e podem ser utilizadas de maneira gradual, alimentando o sistema de águas subterrâneas local.

4.6.8. Sarjetas permeáveis

Em áreas urbanas consolidadas e com alto tráfego de veículos, converter os pavimentos existentes em pavimentos permeáveis tem um alto custo para implantação e manutenção. As sarjetas permeáveis surgem como uma alternativa. A tipologia consiste em uma superfície de concreto poroso com base de cascalho que tem como objetivos reduzir o volume de águas pluviais nos sistemas de galerias convencionais, diminuindo os picos, já que armazena temporariamente a água, e retém parte dos resíduos da água, já que o sistema funciona como um filtro ((MARCHIONI; BECCIU; OLIVEIRA, 2019). A figura 11 exemplifica um protótipo de sarjeta permeável.



Figura 11- Exemplo de Sarjeta permeável⁵

As tipologias de infraestrutura verde devem ser implantadas não de forma isoladas. Deve ser elaborado um projeto que associe os sistemas de acordo com as características geológicas e topográficas, como no corte esquemático de Moura (2014) que integra diversos elementos de biorretenção em uma rua com tráfego de automóveis e pedestres, assim como no exemplo da figura 12:

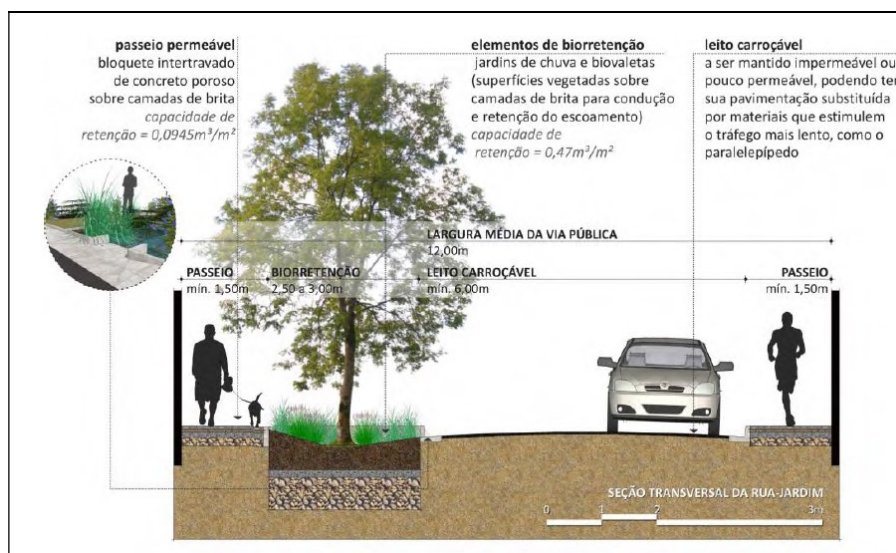


Figura 12- Corte esquemático de uma via com tipologias de Infraestrutura verde integradas. Fonte: Moura, 2014

Um sistema integrado de elementos de infraestruturas verdes é capaz de minimizar os efeitos da urbanização, e consequentemente torna as cidades mais resilientes para ocorrências de chuvas intensas, que ocorrem com maior intensidade

⁵ Disponível em <https://blogdaliga.com.br/sarjeta-permeavel-solucao-para-evitar-o-acumulo-de-agua/>

nos últimos anos, no entanto, quanto maior a predominância dos sistemas cinzas, mais suscetíveis estão as cidades.

4.7. INFRAESTRUTURAS VERDES NO MUNDO: CIDADES MODELO

4.7.1. Cidades Chinesas e o conceito de *Sponge City*

Detentora da maior população mundial, de acordo com o site Country Meters, a China tem hoje uma população de cerca de 1.4 bilhões de pessoas. O processo de urbanização do país foi extremamente rápido. Em 1978 menos de 20% dos chineses viviam em cidades, em 2000 a taxa de urbanização era de 35%, e o aumento mais expressivo se deu entre 2000 e 2015: 55% da população passou a ocupar as cidades, um aumento de 300 milhões de habitantes (Hiratuka, 2018).

Assim como tem ocorrido em diversos países de rápido processo de urbanização tardio, somando-se às mudanças climáticas, e à falta de planejamento e infraestrutura urbana, as cidades chinesas passaram a sofrer com problemas relacionados à má gestão da água, como escassez, poluição e inundações.

Em 2012 fortes chuvas atingiram Pequim que vitimou quase 80 pessoas. Como solução para os sérios problemas de inundações recorrentes na China, foram propostas a implantação das Cidades esponja, ou *Sponge City*.

A primeira cidade a receber o modelo de urbanização com novos parâmetros construtivos, baseado em infraestruturas permeáveis que absorvem e retêm a água das chuvas, recarregando os aquíferos, filtrando a água e prevenindo e minimizando enchentes e inundações foi justamente Wuhan, que em 2016 sofreu com os efeitos das chuvas e gradualmente vem sendo ampliado em mais cidades (Jiang, et al. 2017).

A falta de gestão em recursos hídricos associada à rápida urbanização tem provocado, principalmente nos países em desenvolvimento, problemas relacionados à gestão das águas urbanas, gerando alagamentos, poluição difusa, indisponibilidade de água de qualidade. Para mitigar a situação, a China estabeleceu como estratégia para combate e mitigação desses problemas, a gestão integrada das águas urbanas, com o conceito de Cidades Esponja. Segundo Wang et al. (2018) o conceito está sendo gradualmente implantado na China e pretende ser um

modelo a ser seguido pelo mundo todo. A figura 13 apresenta as tipologias básicas para a transformação de um meio urbano convencional em uma cidade esponja.



Figura 13- Esquema de cidade esponja⁶

⁶ Disponível em: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/02/16/cidades-esponja-conheca-iniciativas-pelo-mundo-para-combater-enchentes-em-centros-urbanos.ghml>

De acordo com Nguyen et al (2018), o conceito das cidades esponjas propõe substituir as superfícies impermeabilizadas por superfícies permeáveis, que recebam e absorvam as águas pluviais, mitigando assim os problemas de enchentes, inundação e poluição das águas. Os projetos prevêem a implantação das tipologias já utilizadas no mundo como os telhados verdes, áreas de bio-retenção e pavimentos permeáveis.

O conceito de Sponge City retoma os ciclos hidrológicos naturais, rompidos com a rápida urbanização. A figura 14 representa o projeto do escritório Turenscape, o Yanweizhou Park, localizado em Jinhua City. Há uma planta baixa com as cotas de nível e um corte que representa os níveis do parque que são inundados durante o período de chuvas intensas.

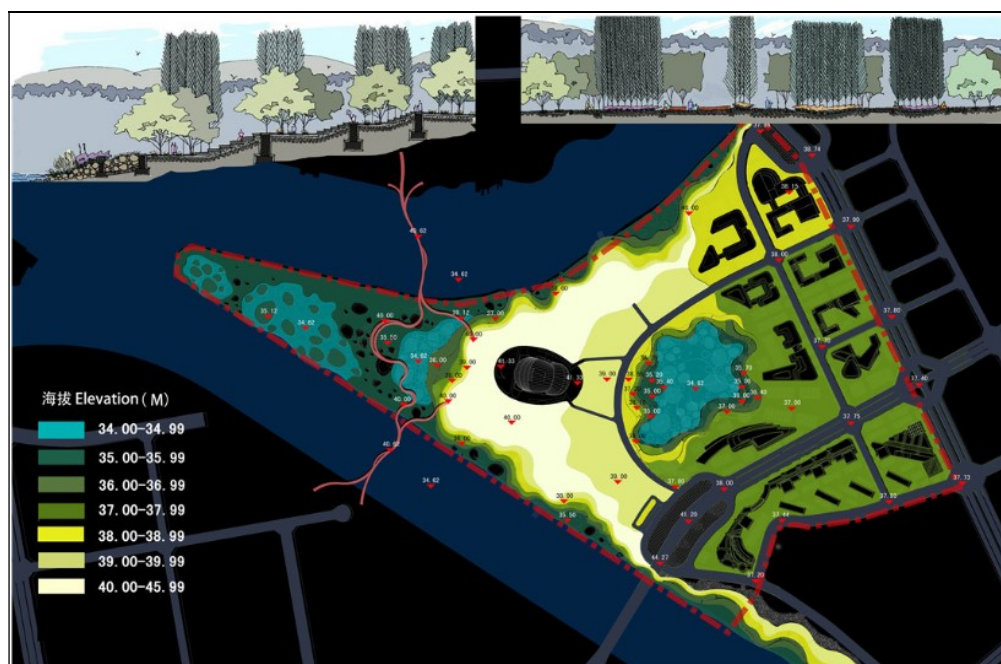


Figura 14- Planta baixa e corte do Yanweizhou Park. ⁷

De acordo com o escritório Turenscape o parque ocupa uma área de 26 hectares. Durante o período de estiagem o local é intensamente utilizado pela população para atividades de lazer e cultura. No local já havia um pântano que estava subutilizado, foi realizado o plantio de espécies adaptadas às condições de variação de água e isso acabou por atrair aves e aumentou a biodiversidade da área.

⁷ Disponível em: <https://www.turenscape.com/en/project/detail/4629.html>

Na figura 15 está representada uma foto do parque durante o período de estiagens, onde todos os equipamentos e caminhos podem ser utilizados e visualizados.



Figura 15- Yanweizhou Park, localizado em Jinhua City durante o período de estiagem.⁸

Para evitar problemas de mobilidade, foram projetadas passarelas ao longo do parque, que mesmo em períodos de cheias intensas podem ser utilizadas pela população, conforme imagem 16:

O projeto foi inaugurado em 2014 e, de acordo com o escritório Turenscape cerca de 40.000 pessoas faz uso do parque e das passarelas todos os dias, criando uma identidade à cidade de Jinhua.



Figura 16- Yanweizhou Park, localizado em Jinhua City durante o período de cheias.⁹

⁸ Disponível em: <https://www.turenscape.com/en/project/detail/4629.html>

⁹ Disponível em: <https://www.turenscape.com/en/project/detail/4629.html>

Os arquitetos do escritório Turenscape são responsáveis por 12 projetos seguindo os preceitos de Sponge City já executados na China e diversos outros projetos seguindo as mesmas diretrizes de concepção projetual, que tem uma preocupação maior com o meio ambiente, com os recursos hídricos e o impacto que as obras podem gerar de modo positivo ou não no local e apontando o rumo do planejamento urbano de cidades que causem menos impacto na natureza.

4.7.2. Cidades da Europa e o conceito de *European Green Capital*

Foi criado em 1973 a Comissão Europeia do Diretório Geral do Meio Ambiente- *DG Environment*. O objetivo é melhorar, proteger e conservar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras. Os princípios básicos do *DG Environment*, são:

- *Natural Capital*, o foco é a preservação das florestas, da vida natural e da vida marinha;
- *Green Economy*, que são fundamentais nos meios de produção, e devem ser extraídos de modo a não romper os ciclos de energia e matéria (GOUVEIA, 2018), a produção deve ser de modo a não esgotar as fontes, uma boa gestão dos recursos hídricos, dos resíduos sólidos, e buscar a inovação para melhorar o planeta;
- *Health*, um meio ambiente poluído adoece a sua população, portanto, cuidar dos sistemas naturais é uma forma de cuidar da saúde;
- *EU law*, trata das legislações entre os países membros da União Europeia. Legislar e colocar em prática aquilo que é determinado;
- *Global Challenges*, os países da União Europeia tem ciência que as mudanças climáticas afetam o mundo todo, independente de quem causou. Os efeitos das mudanças climáticas desconhecem os conceitos de fronteiras, portanto, todos devem ter o comprometimento;
- *Knowledge*, todas as decisões, legislações e ações são baseadas em pesquisas científicas, que são financiadas e incentivadas a partir da Comissão.

O *DG Environment* reconhece a importância das ações voltadas à preservação ambiental, em escala local, e concebeu o *European Green Capital Award*, uma iniciativa para incentivar e recompensar os esforços das comunidades locais. A primeira cidade a receber o prêmio foi Estocolmo, na Suécia.

De acordo com a publicação *Stockholm: European Green Capital* (2009), a cidade foi escolhida por diversos motivos: cerca de 90% da população reside a, no máximo, 300 metros de uma área verde e existem planos para ampliar as áreas; houve redução significativa das emissões CO₂, gestão eficiente de energia, resíduos e água.

O *European Green Capital* funciona como importante ferramenta para compreender as diferentes dimensões da sustentabilidade, gera parâmetros de comparação entre as cidades de uma mesma região e auxilia a compreender onde é possível melhorar para atingir um nível satisfatório, que vai promover melhor qualidade de vida aos seus moradores (AKANDE, et al. 2018).

Seguindo os mesmos conceitos, para 2020 foi eleita Lisboa, capital de Portugal e para 2021, Lahti, na Finlândia. No total, 12 cidades já receberam o título e a União Europeia planeja que, até 2050, 80% das cidades possam ser enquadradas nos parâmetros de cidades.

Havia um plano de Medidas Preventivas do Plano Verde, que foram devidamente incorporadas ao plano Plano Diretor de 2012, onde foram definidas as áreas ecologicamente mais sensíveis.

Um fato relevante é o plano de drenagem urbana de Lisboa, cujo plano imagens do plano está representado na figura 17. O Plano de Drenagem de Lisboa está sendo implementado um custo total de de 170 milhões de Euros, sendo que 100 milhões de Euros já serão investidos nos primeiros 5 anos. Foi projetado para um período de retorno de 100 anos, levando em conta mudanças climáticas, aumento do nível do mar e eventos de chuvas de alta intensidade, já que a cidade já enfrentou dificuldades no passado e pretende ser resiliente a eventos de chuvas intensas.

Décadas de urbanização que impermeabilizava o solo passou a exigir do poder público que novas estratégias de ocupação da cidade, e a estratégia foi a adoção das infraestruturas verdes para reverter os problemas enfrentados pela maioria das grandes cidades: enchentes, inundações, poluição, baixa disponibilidade de água, dentre outros.



Figura 17- Montagem de fotos que justificam a necessidade de um plano de drenagem para Lisboa-Portugal¹⁰

Ao custo de tres milhoes de Euros foram implementadas bacias de retenção de águas da chuva, que são soluções que já existem na natureza quando o meio não é antropizado, e são capazes de reduzir as inundações repentinas.

Integrado ao projeto de drenagem urbana, estão sendo implantados 9 corredores verdes integrados à malha urbana, e recomposição da floresta urbana, conforme figura 18, o intuito é melhorar a infiltração de águas de chuvas, mitigar os efeitos da poluição urbana e melhorar a qualidade de vida da população com espaços públicos integrados à natureza. Os corredores urbanos favorecem a biodiversidade e retomam as condições naturais do meio ambiente e do ciclos hidrológicos.

Para o governo de Lisboa, a Infraestrutura Verde deve ser vista como uma plataforma cruzada, que tem por objetivo promover a diversidade e a funcionalidade. Nas áreas escolhidas para receber os corredores verdes foram incorporados ciclovias e áreas com o intuito de atrair a população, para que as áreas sejam multifuncionais.

De acordo com o governo municipal de Lisboa, os corredores verdes foram concebidos com intuito de otimizar a biodiversidade urbana. A partir de 2008 foram criados 6.3 alqueires de novas áreas verdes, o que contribuiu para que aumentasse

¹⁰ Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/wp-content/uploads/2018/07/Indicator_9_Lisbon_EN.pdf

as áreas permeáveis, recarregando as águas subterrâneas e melhorando as condições do meio urbano.

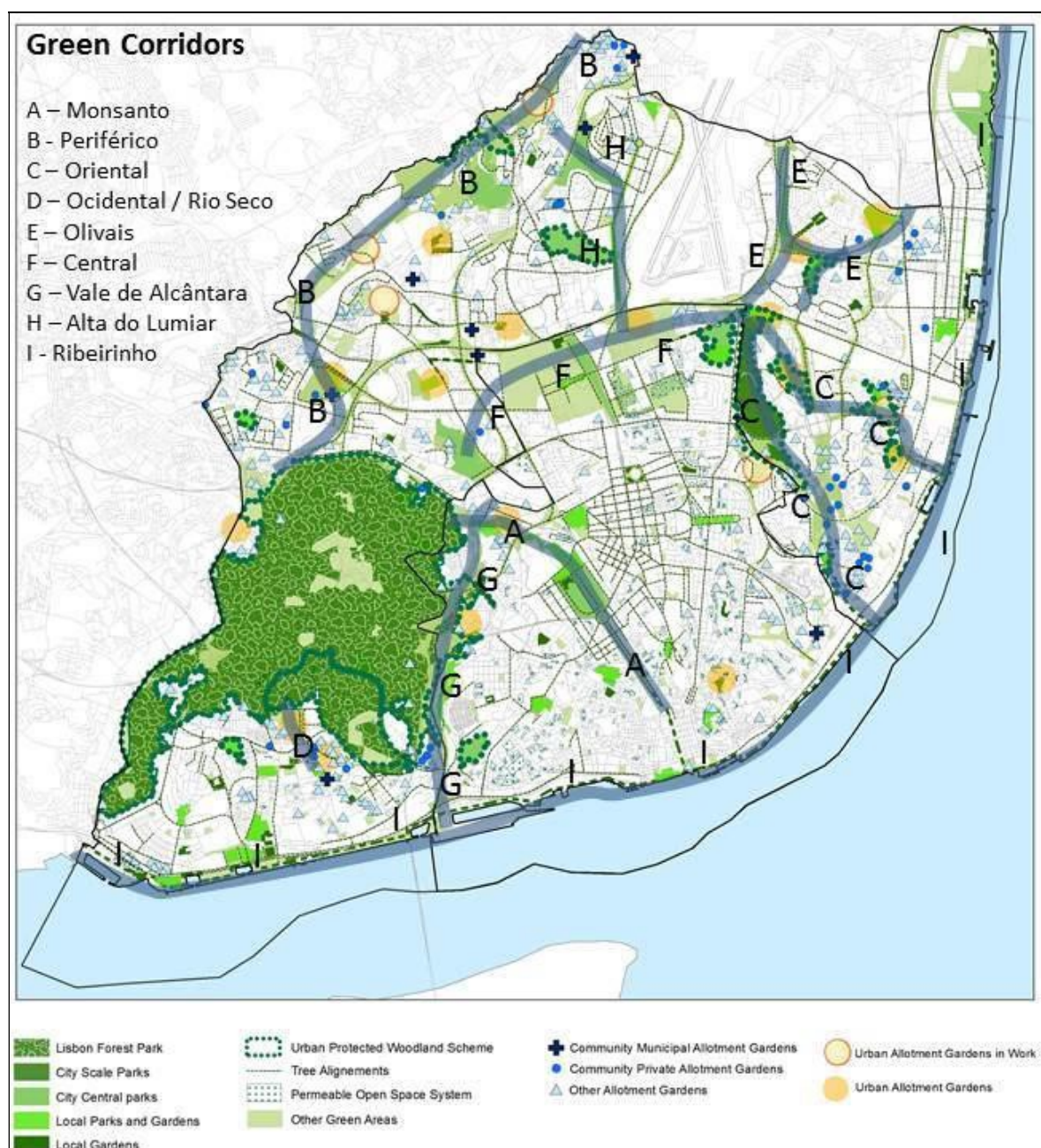


Figura 18- Plano de implantação de Corredores Verdes em Lisboa- Portugal¹¹

De acordo com o governo municipal de Lisboa, os corredores verdes foram concebidos com intuito de otimizar a biodiversidade urbana. A partir de 2008 foram criados 6.3 alqueires de novas áreas verdes, o que contribuiu para que aumentasse as áreas permeáveis, recarregando as águas subterrâneas e melhorando as condições do meio urbano.

¹¹ Disponível em https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/wp-content/uploads/2018/07/Indicator_2_Lisbon_EN.pdf

O plano de drenagem de Lisboa está sujeito a atualizações, no entanto, as estratégias foram definidas no intervalo de 2016-2030, tendo como principais metas ampliar e concluir a implementação dos corredores verdes, o plantio de árvores no meio urbano e intensificar o reuso de água, com isso, preveem que a cidade estará mais resiliente à eventos climatológicos extremos.

4.7.3. New York City e o programa Environmental Protection

O sistema de drenagem de águas pluvias de Nova Iorque é baseado num sistema que compartilha a tubulação com o sistema de coleta de esgoto. Durante o período de ausência de chuvas, os efluentes escoam pela tubulação e caminham para as estações de tratamento, conforme imagem da figura 19:

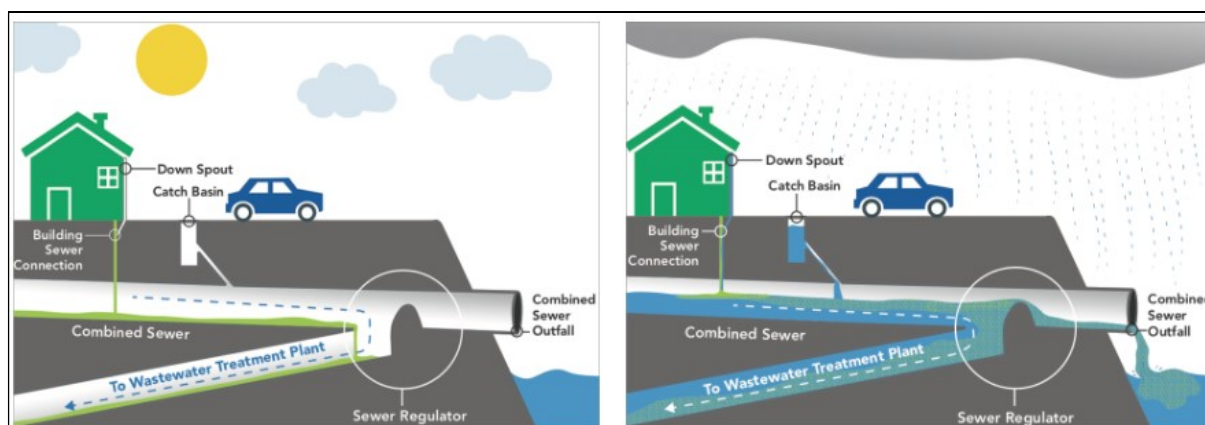


Figura 19: Sistema de drenagem de água combinado em período de estiagem e em período de chuvas¹²

No entanto, quando ocorrem as chuvas, os efluentes de esgoto acabam sendo direcionados para os corpos d'água, sem tratamento prévio, e um volume muito maior de águas pluviais acaba sendo direcionado para as estações de tratamento de esgoto, sem que haja necessidade, elevando os custos.

De acordo com o NY Environment estão sendo realizadas obras de mudança nos sistemas, combinado à implantação de jardins de chuva e outras tipologias de infraestrutura verde que diminuem o volume de águas pluviais a ser escoado nas tubulações. Até 2018 mais de 4.500 jardins de chuva já estavam construídos em Nova Iorque e a previsão é que mais de 7.000 estejam instalados entre 2019 e 2021, conforme indicados no mapa da figura 20 com dados de 2020.

¹² Disponível em : <https://www1.nyc.gov/site/dep/water/combined-sewer-overflows.page>

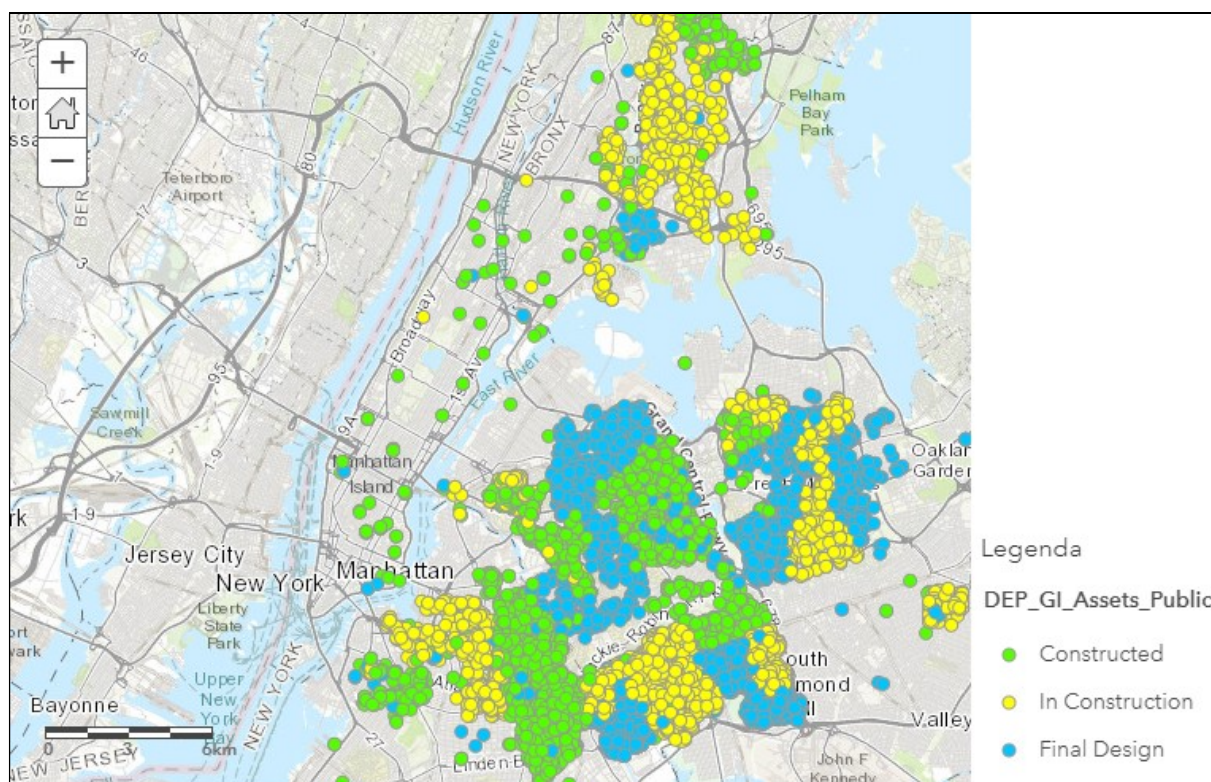


Figura 20- Mapa interativo indicando locais de implantação de Jardins de Chuva em Nova Iorque¹³

Outro elemento de infraestrutura verde largamente utilizado em Nova Iorque é a arborização. Um grupo de voluntários iniciou o trabalho de mapeamento das árvores urbanas, que somam mais de 615 mil unidades na cidade. O programa se chama New York City Street Tree Map¹⁴ e afirma que o sistema de arborização atual do município poupa mais de 10,9 milhões de dólares em reparação de danos causados por inundações já que as árvores absorvem mais de um bilhão de galões de águas da chuva, além dos benefícios de absorver o dióxido de carbono e outras partículas de poluição do ar. O programa afirma ainda que o total economizado com as árvores é de cerca de 111 milhões de dólares. Não resta dúvidas, portanto, das vantagens da implementação dos sistemas de Infraestrutura Verde que já estão em uso em diversas partes do mundo, principalmente países mais desenvolvidos economicamente.

¹³ Disponível em

<http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=a3763a30d4ae459199dd01d4521d9939&extent=-74.3899,40.497,-73.3757,40.9523>

¹⁴ Disponível em: <https://tree-map.nycgovparks.org/>

4.7.4. Primeiros projetos no Brasil

Gradualmente, o Brasil está considerando as possibilidades de aliar tipologias naturais para combater os problemas urbanos. Schutzer (2014) afirma que são poucos os exemplos aplicados em larga escala e a forma como os meios urbanos foram sendo produzidos estão levando à uma escassez de água e de espaços públicos naturais.

As intervenções que vem ocorrendo contam com organizações de ativistas que convidam voluntários. Como no exemplo da figura 21 onde foram feitas intervenções no “Largo das Araucárias”. De acordo com o Estadão (2017), a prefeitura assinou contrato com o grupo e ficou responsável pela limpeza do local. O grupo se mobilizou, conseguiu as mudas por meio de doações e a mão de obra foi toda por conta de voluntários. Foram executados jardins de chuva que pretendem melhorar o paisagismo do local, mas também as condições ambientais.



Figura 21: Recorte de jornal que convida a população a se voluntariar na construção de um Jardim de chuva no Bosque das Araucárias¹⁵

Os arcos da Lapa, no Rio de Janeiro receberam os primeiros jardins de chuva da cidade. De acordo com a arquiteta Fabiana Carvalho, responsável pelo projeto, o solo da região é argiloso, o que dificulta a infiltração das águas pluviais. Os jardins atuais tem a capacidade de absorver 100 metros cúbicos de água e a concepção e

¹⁵ Disponível em <https://sao-paulo.estadao.com.br/blogs/caminhadas-urbanas/wp-content/uploads/sites/262/2018/01/bosque-das-arauc%C3%A1rias-janeiro-2018-4.jpg>

execução ficou a cargo do grupo Organicidade. A gestão do espaço é feita pela Fundação Progresso¹⁶, conforme figura 22:



Figura 22: Reportagem ilustrando a implementação de jardins de chuva no Rio de Janeiro. Recorte do Jornal O Globo. Dia 26/09/2019

Embora estejam sendo amplamente utilizadas em países mais desenvolvidos, e ricos, no Brasil, as tipologias de infraestruturas verdes não são soluções adotadas tradicionalmente, como visto nos casos de São Paulo e Rio de Janeiro, no entanto, as diferentes tipologias vêm sendo estudadas e gradualmente implantadas como forma de complementar ou substituir as infraestruturas cinzas (HERZOG, 2009). Moura (2014) afirma que incorporar as infraestruturas verdes nas cidades traz benefícios para as pessoas e a vida silvestre, ao focar na melhoria para a saúde ambiental, social e econômica.

¹⁶ Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/lapa-recebe-jardim-criado-para-filtrar-agua-da-chuva-evitar-alagamentos-na-area-23974173>

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Caracterização do Município

Presidente Venceslau é um município que foi emancipado em 1921. Com urbanização desordenada, as poucas praças estão extensivamente impermeabilizadas. A cidade está experimentando problemas típicos de grandes centros urbanos como inundações, enxurradas, e temperaturas extremas nas regiões centrais. O que se propõe é implantar ambientes com características mais próximas da natureza e, dentro das possibilidades, menos artificiais, principalmente em áreas urbanas já consolidadas, no entanto, é possível, já que existem várias tipologias capazes de atender diferentes escalas de espaço e ambiente.

Presidente Venceslau é um município brasileiro localizado a sudoeste do Estado de São Paulo, a pouco mais de 600km da capital, com uma área total de 755,20 km². Pertence à mesorregião e microrregião de Presidente Prudente e é sede de comarca. A cidade tem seu marco central no espigão entre duas Unidades Hidrográficas de Gestão dos Recursos Hídricos (UGRHI), que são a UGRHI Aguapeí- Peixe, ao Norte no município, e a UGRHI do Pontal do Paranapanema, localizada na porção sul do município, conforme figura 23 que indica a localização.

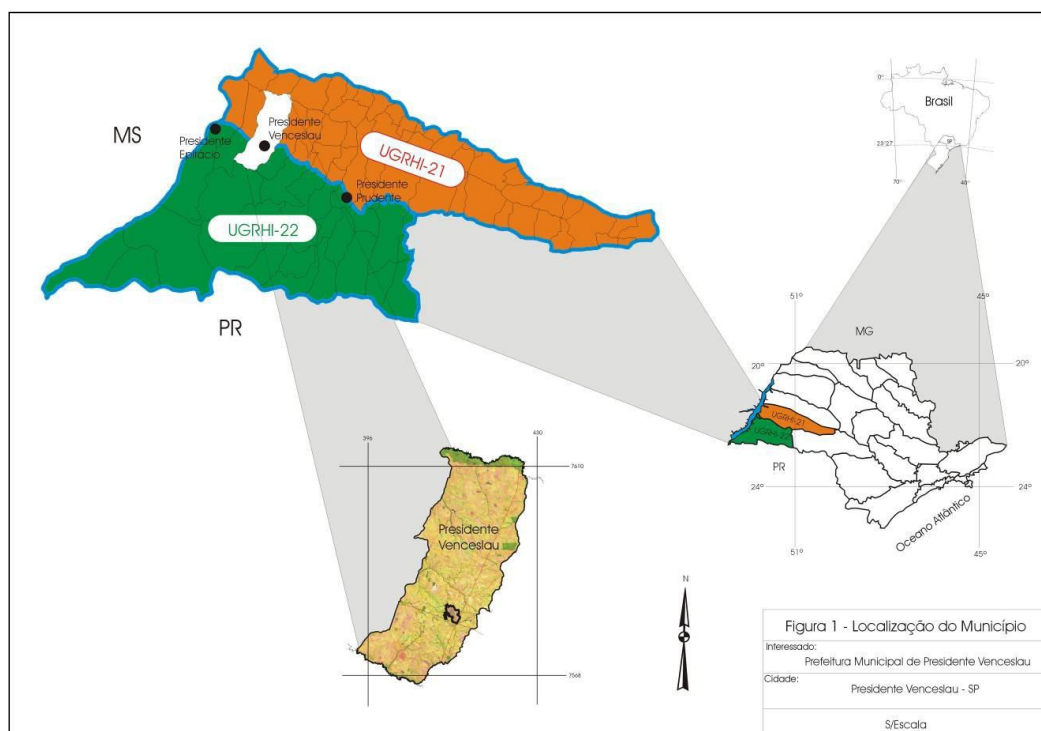


Figura 23- Mapa de localização do Município. Fonte: Plano de Drenagem Urbana de Presidente Venceslau

Em termos de logística, o município está localizado entre o cruzamento de duas rodovias, a Rodovia Raposo Tavares (SP- 270), que faz a ligação com a Capital e o Mato Grosso do Sul, e a Rodovia Euclides de Oliveira Figueiredo (SP- 563), que também dá acesso ao estado de Mato Grosso do Sul e chega próximo à divisa com o Paraná.

Em sua origem, Presidente Venceslau desenvolveu-se com a expansão da malha ferroviária da antiga Estrada de ferro Sorocabana. Foi objeto de intensa exploração de Peroba, que havia em abundância, tanto que foi esse um dos nomes que o lugar recebeu foi Perobal, na figura 23 é exibida imagem da época em que a madeira era uma das maiores riquezas do local. Até 1925 detinha o status de Distrito, e em 2 de setembro de 1926 foi emancipado e elevado à categoria de Município. Além da peroba, Presidente Venceslau foi um importante entreposto comercial, inicialmente do café, mas principalmente do algodão.



Figura 24- Extração de Peroba e escoamento via linha férrea. Fonte: Acervo digital da Prefeitura Municipal de Presidente Venceslau

Em 2019, o município se destaca no comércio e prestação de serviços, principalmente dos serviços públicos estaduais e municipais que absorvem grande parte da mão de obra. O município não possui nenhuma indústria de médio ou grande porte. Dados de 2017 da Fundação SEADE apontam que a renda média salarial do município é de R\$1.803,71, ante R\$ 3.287,67 da média estadual.

Presidente Venceslau possui duas penitenciárias de segurança máxima, no entanto, não são suficientes para fazer face à demanda de empregos, e embora a função das penitenciárias não seja essa, ocorre a predominância de servidores públicos como principal fonte de renda das famílias residentes no município.

A população total é de 37.910 habitantes, de acordo com dados do censo demográfico de 2010 do IBGE, ocupa a 162ª posição de município mais populoso do estado, e apresenta uma densidade populacional de 50,10 hab./km. Ainda segundo o mesmo censo, 18.911 habitantes são homens e 18.999 são mulheres e 36.272 habitantes vivem na zona urbana e 1.638 na zona rural. Dados do SEADE apontam que o percentual de pessoas com mais de 60 anos é de 18,73% da população, enquanto a média do estado é de 14,86. O índice de envelhecimento da população venceslauense é de 119,94%, e está muito superior à média do estado que é de 78,13%.

O índice de desenvolvimento humano do município no ano 2010, segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNDU), era 0,763, o que é considerado alto, sendo o 320º de todo o país, que engloba 5.565 municípios.

A cidade surgiu em meados de 1918, fruto do parcelamento de glebas rurais que deram origem aos dois quadriláteros centrais, separados pela linha férrea da Estrada Sorocabana. Conforme pode ser observado na figura 25, a linha férrea, que está pontilhada, que atravessa entre dois quadriláteros que são o centro da cidade nos dias de hoje. No entorno, haviam colônias de europeus, na porção Norte do centro, está a colônia portuguesa, havia ainda japoneses, italianos, espanhóis, alemães, húngaros.

O centro de Presidente Venceslau, mais especificamente o Quadrilátero Central, conta com calçadas em diversos padrões, mas todos com pisos totalmente impermeáveis e raras são as árvores nas principais avenidas. Tucci (1995) afirma que o uso de concreto e asfalto cria maciços impermeáveis, passa a ocorrer somente escoamento de água superficial, o que prejudica a reposição dos aquíferos e aumenta as enchentes.

Os sistemas de drenagem das águas pluviais utilizando prioritariamente galerias subterrâneas segue preceitos higienistas que surgiram na Europa em razão de epidemias provocadas por enchentes. Nascimento, Bertrand-Krajewski e Britto (2013) afirmam que o engenheiro politécnico Saturnino de Brito foi um grande colaborador para a implantação do movimento higienista no Brasil. O objetivo era que a água pluvial e os esgotos escoassem rapidamente, mas preservando os bosques urbanos, que reduzem o escoamento superficial. No entanto, as galerias que foram construídas há algumas décadas nas cidades, incluindo Presidente Venceslau, hoje não suprem a demanda em razão da urbanização crescente, tal como foi apontado no Relatório Final do Estudo de Macrodrenagem do Perímetro Urbano de Presidente Venceslau (2012).

5.2. A Drenagem Urbana no Município de Presidente Venceslau

De acordo com Relatório do IPT de 2012, três municípios na região da Bacia do Pontal do Paranapanema apresentaram eventos de inundação/enchente em sua área urbana: Iepê, Presidente Prudente e Presidente Venceslau que é o recorte geográfico do estudo.

Em sua dissertação, Tominaga (2013) destaca algumas vantagens da pavimentação com blocos de concreto como a possibilidade de recarga dos lençóis freáticos e filtragem da água, redução de poças de água e principalmente a redução dos custos de execução e manutenção da pavimentação com pedras de concreto. Algumas desvantagens são a possibilidade de colmatagem dos blocos e das juntas, que torna o custo da manutenção bastante elevado, e até mesmo o comprometimento da permeabilidade que é tão desejável.

A redução das áreas permeáveis nos centros urbanos tem causado sérios problemas em diversas cidades como aumento da temperatura e principalmente as enchentes.

Recentemente, as ruas do quadrilátero central passaram a receber recapeamento asfáltico com concreto betuminoso usinado a quente, o que acabou por alterar a permeabilidade das áreas centrais de maneira significativa. As duas principais avenidas: D. Pedro II e Princesa Isabel foram recapeadas no primeiro semestre de 2016, outras ruas receberam o recapeamento nos anos seguintes, e gradualmente a pavimentação das ruas do centro está sendo modificada. Na figura 26 está uma montagem de imagens feita pela autora que registra o primeiro dia de obras, pouco antes da Avenida receber a pavimentação asfáltica e poucos dias depois, com a obra concluída.

O pavimento asfáltico tem a superfície mais lisa e uniforme permitindo aos motoristas aumento da velocidade, enquanto que o pavimento com pedras obriga os veículos a transitar em velocidades reduzidas em função de ter a superfície irregular. Em função disso, após o recapeamento asfáltico na área central de Presidente Venceslau foi necessária a instalação de lombadas com intuito de reduzir a velocidade dos veículos e promover a segurança dos pedestres.



Figura 27- Montagem de imagens de antes do recapeamento asfáltico em janeiro de 2016 e depois do recapeamento asfáltico, em março de 2016, na Av. Princesa Isabel. Fonte: acervo autora, 2016

A região mais antiga da cidade contava com pavimentação de pedras de concreto pré-moldadas, mas no ano de 2016, o município recebeu recursos do Governo Federal para recapeamento das vias com concreto betuminoso usinado a quente, e sua execução reduziu a capacidade de permeabilidade de uma área de 25.499,10 m².

Em 2007 o Governo do Estado de São Paulo lançou o programa Município Verde Azul, com o objetivo de medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental com a descentralização e valorização da agenda ambiental nos municípios, por meio de práticas que são pontuadas e posteriormente ranqueadas, que é um critério para obtenção de alguns recursos estaduais.

No último ranking do Município Verde Azul, Presidente Venceslau ocupou uma das últimas posições, justamente por não atender às demandas exigidas. Uma das delas é justamente implantar o conceito de calçadas verdes no município, seguindo um cronograma que prevê ações durante os próximos 12 anos, aumentando as calçadas com pisos permeáveis, árvores e arbustos que não prejudiquem o trânsito de pedestres.

O processo de reconhecimento ou não da Situação de Emergência ou Calamidade Pública passa primeiramente pelo decreto feito pelo Gestor Municipal, e por meio dele e laudos e formulários, são enviados ao Estado e à União, e após análise, são publicados o deferimento ou não em mídias oficiais.

O Ministério da Integração Nacional tem dados gerais de Ocorrências de Situação de Emergência e Calamidade Pública reconhecidos que ocorreram em todo o país entre os anos de 2003 a 2016 e compõem a tabela a seguir.

No Município de Presidente Venceslau, dentro desse recorte temporal, 2003 a 2016, ocorreram três desastres fora dos padrões que causaram ao município suportar e restabelecer a normalidade, justamente porque não dispõe - minimamente que seja - de condições estruturais e econômica para suportar a demanda foram provocados por enxurradas, no total, foram 3. Conforme tabela 3:

Registros de Ocorrências de Situação de Emergência ou Calamidade Pública reconhecidos pelo Ministério da Integração Nacional (2003 a 2016):				
Ano	Ocorrências totais no Estado de SP	Ocorrências totais em Presidente Venceslau	Enxurradas no Estado de SP	Enxurradas em Presidente Venceslau
2003	40	0	0	0
2004	34	0	0	0
2005	55	0	3	0
2006	19	0	11	0
2007	45	0	32	0
2008	42	0	13	0
2009	10	0	10	0
2010	77	2	48	2
2011	60	0	47	0
2012	7	1	3	1
2013	10	0	0	0
2014	11	0	1	0
2015	4	0	0	0
2016	28	0	1	0
TOTAL	442	3	169	3

Tabela 3 - Dados do Ministério da Integração Nacional. Elaborado pela Autora (2019)

Apenas no Estado de São Paulo foram feitos 442 registros de desastres, gerando uma média de 34 eventos por ano que levaram os municípios a solicitar auxílio da União, e 38% dos eventos foram classificados como Enxurradas, conforme dados apresentados no gráfico a seguir.

No entanto, dados a partir de 2017 não estão disponíveis no site do Ministério da Integração Nacional, e no final de janeiro desse mesmo ano, o município sofreu com chuvas intensas, segundo relatório da CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada) de Presidente Venceslau, em três dias houve precipitações na ordem de 160mm.

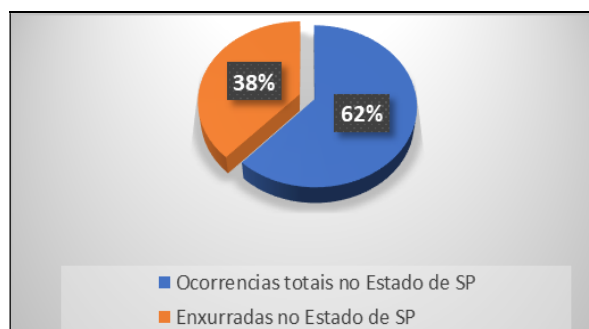


Gráfico 1- Representação das ocorrências no Estado de São Paulo. Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Os três dias de chuva provocaram danos em diversos trechos de galerias de águas pluviais que, de acordo com o Plano de Macrodrenagem urbana, as tubulações já eram antigas e insuficientes, romperam, danificaram o sistema de esgoto e rede de água e deixaram diversos moradores com os serviços básicos prejudicados.

O nível dos rios que rapidamente foi elevado, destruiu diversas pontes na zona rural e invadiu casas de moradores de alguns bairros específicos. Houve rompimento de diversos trechos de galeria e a escola municipal de educação infantil Vitalina M. Ribeiro foi interditada devido ao risco de desabamento após o rompimento de parte do muro e comprometimento da estrutura da quadra e sanitários, conforme figura 28.



Figura 28- Montagem de imagens de danos provocados após rompimento de galeria em Presidente Venceslau-SP, 2017- Acervo da autora

A Prefeitura estimou os danos em cerca de 7 milhões de reais e após análise, foi reconhecida a situação de calamidade pelo Governo do Estado e Governo Federal. Parte do recurso já foi recebido, e uma residência que estava em área de risco foi construída em outro local e entregue à moradora, no entanto, boa parte dos recursos não foram totalmente liberados.

5.3. Evolução da urbanização e consequências

Utilizando imagens de satélite com histórico do Google Earth é possível comparar as alterações que ocorreram entre 2002 e 2019. Houve aumento da expansão urbana em todo o perímetro da cidade. Os eventos provocados por chuvas intensas têm ocorrido em bairros já consolidados, que tiveram seu entorno ocupado, e conseqüentemente urbanizado.

Fato interessante é o aumento das coberturas vegetais que ocorreu principalmente nas Áreas de Preservação Permanente após 17 anos. Tal fato pode estar relacionado com a criação do Código Florestal, a Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012 que dispõe sobre as Áreas de Proteção Permanente. É a única lei de abrangência nacional que veta a ocupação para fins urbanos ou rurais em áreas de risco sujeitas, por exemplo, a inundações e deslizamentos de terra. Tem como cunho específico, a obrigatoriedade de se conservar áreas sensíveis a perturbações, e manter uma porcentagem dos maciços florestais no interior das propriedades rurais e meios urbanos que circundam essas áreas.

Os bairros que não estavam ocupados intensamente em 2002 e acabaram por não se mostrar preparados para precipitações mais intensas foram: Residencial Maximino, Jardim Eldorado e Residencial da Faive. Em todos os bairros citados ocorreram alagamentos de residências, em diferentes momentos, provocados, principalmente pela intensa impermeabilização do solo.

Para melhor compreensão do sentido de ocupação da cidade, todo o perímetro urbano da área ocupada em 2002 foi contornado na imagem de 2002 para uma comparação com a imagem de 2019.

Seguem as imagens das figuras 29 e 30, de imagens do Google Earth:



Figura 29- Recorte dos limites da área urbana em 2002. Imagem do Google Earth de 17/06/2002, editado pela autora



Figura 30- Recorte dos limites da área urbana em 2019. Imagem do Google Earth de 21/06/2019. Editado pela autora

As regiões em destaque: Residencial da Faive, Residencial Azenha e Residencial Maximino foram as que passaram por rápida ocupação e acabaram por afetar os seus moradores após a consolidação do mesmo, no caso do Residencial da Faive e Maximino, e no caso do Residencial Azenha, afetar mais os bairros no entorno. Cada uma das regiões será analisada individualmente.

5.3.1. Residencial Maximino:

Algumas regiões da cidade tiveram uma ocupação mais intensificada nesse período. Como a região do entorno do fundo de Vale do Residencial Maximino, no local houve a implantação de dois conjuntos habitacionais financiados pela CDHU- Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano, e um loteamento de padrão popular que não teve a infraestrutura urbana executada em sua totalidade pelo loteador, o que gerou consequências para o bairro, e em virtude da rápida ocupação sem um planejamento adequado.

Para melhor compreensão da proporção da área que foi ocupada, foi feito uma delimitação da área que atualmente está urbanizada, foi elaborada a figura 31 a partir da imagem do Google Earth de 2002:

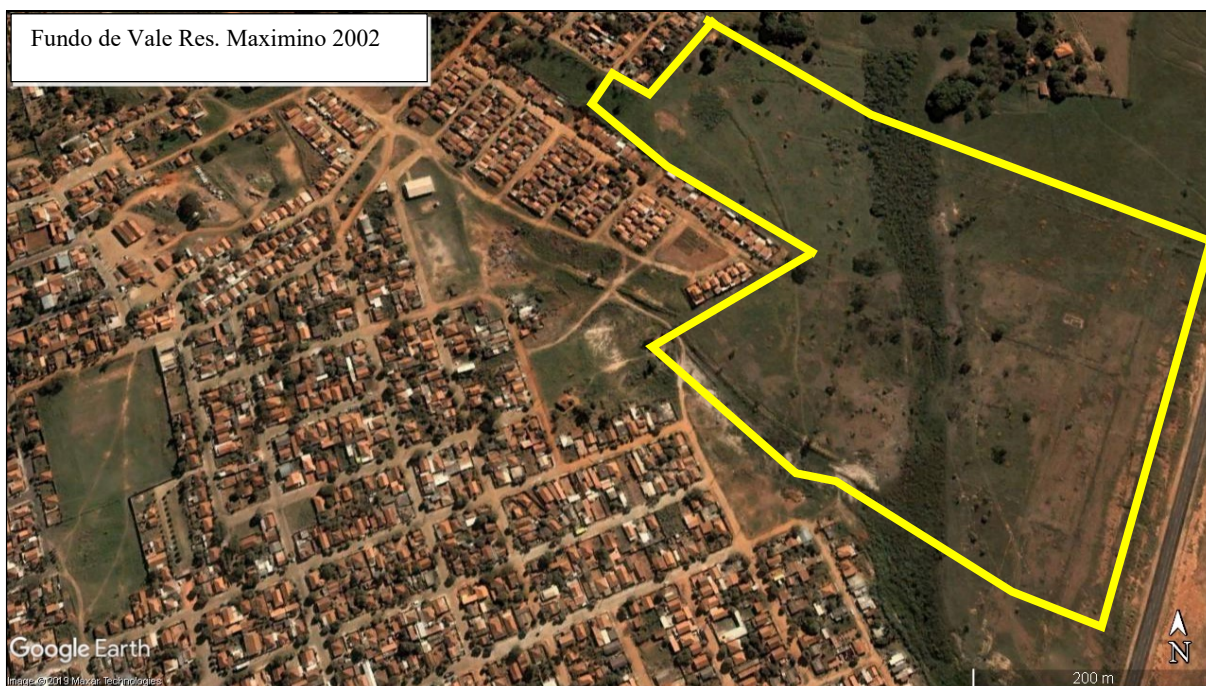


Figura 31- Imagem do ano de 2002 que indica a área que atualmente está densamente ocupada.
Imagem do Google Earth de 21/06/2019. Editado pela autora

Nas imagens atuais do Google Earth é possível observar o quanto aumentou a ocupação nessa região, nesse intervalo foi concluído o conjunto habitacional Residencial Watanabe, junto ao CDHU, o Residencial Maximino, loteado por incorporadores particulares também foi implantado. O que acabou reduzindo de maneira substancial a capacidade de permeabilidade do solo, e o bairro passou a sofrer problemas constantes relacionados às chuvas.

Quando ocorrem chuvas intensas, o bairro sofre as consequências de não estar com o sistema de drenagem e pavimentação totalmente concluídos, pois os sistemas de coleta de esgoto ainda apresentam problemas frequentes, com rompimento dos trechos, deixando a população vulnerável às doenças provocadas pelo risco de esgoto correndo à céu aberto.

Em 2016 iniciaram as obras que tinham por objetivo a Urbanização do Fundo de Vale. O Município obteve mais de 4.5 milhões de reais em recursos federais para urbanização da área, sendo cerca de 3 milhões exclusivos para obras de drenagem, no entanto, as fortes chuvas de 2017 destruíram a rede de galerias existentes, o que necessitam de reparos para poder finalizar a obra, que estava em estágio final, e mais de 90% dos recursos já foram aplicados.

A figura 32 indica a escola e os bairros Daraya e Watanabe, que foram feitos em parceria com o CDHU e o Residencial Maximino, além da escola municipal de educação infantil.

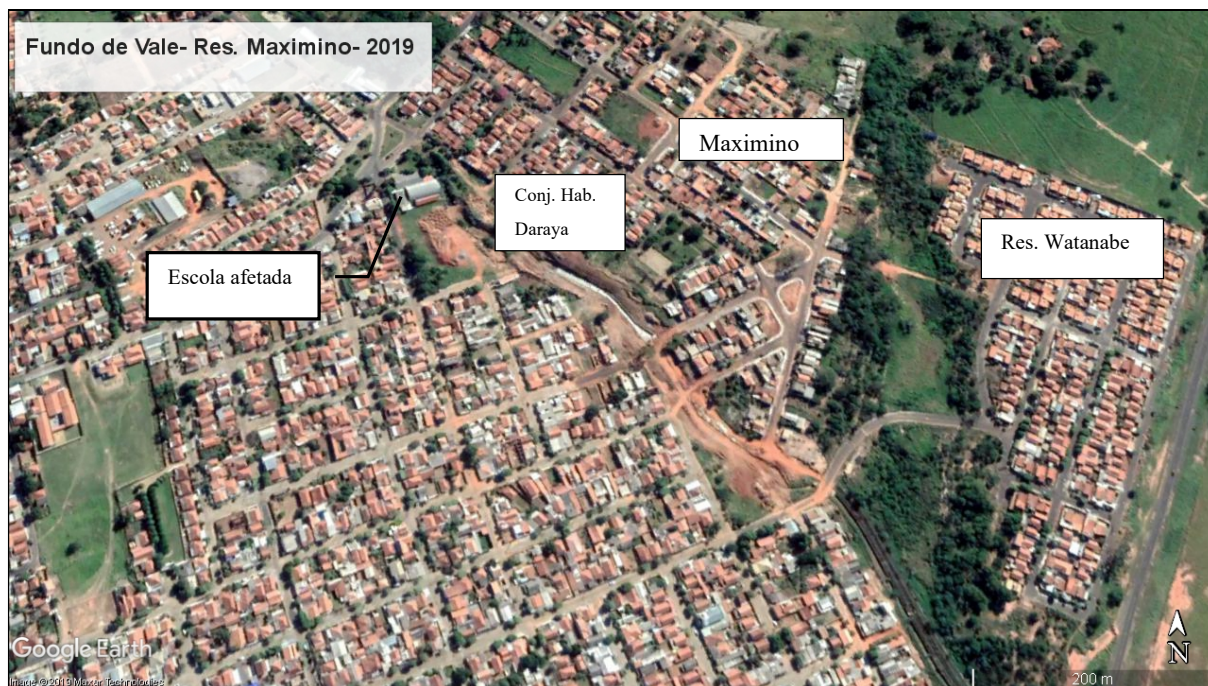


Figura 32- Imagem do Google Earth de 21/06/2019 que indica a expansão urbana que ocorreu em 17 anos. Editado pela autora

Com o rompimento do sistema de galerias, parte do esgotamento sanitário e de água também romperam, prejudicando a população do bairro e obrigando o município a arcar com os reparos não previstos no orçamento. Na figura 33 é possível ver fotos realizadas com drone poucos dias após o ocorrido. O esgoto que não estava sendo drenado, preencheu a erosão que intermediava a escola e o mau cheiro incomodava os moradores, além do risco de doenças e até mesmo de um acidente, já que o solo estava encharcado, havia o risco de novas erosões.



Figura 33 – Imagens aéreas após as chuvas de março de 2017. data Acervo da Prefeitura Municipal de Presidente Venceslau, 2017

A falta de infraestrutura urbana inadequada torna os bairros mais suscetíveis às chuvas, provocando não apenas alagamentos das residências, mas no caso do bairro Residencial Maximino, causou erosões, consequentemente rompeu boa parte do sistema de esgotamento sanitário deixando o bairro com a salubridade comprometida, além disso, de acordo com o Relatório de Danos da prefeitura eram necessários mais de 5 milhões de reais, e embora tenha sido aprovado pelo governo federal em 2017, os valores não foram recebidos integralmente pelo município, impossibilitando a recomposição do bairro, inclusive da escola que permanece em 2020 interditada.

5.3.2. Residencial Azenha

O bairro Residencial Azenha foi loteado em uma região que era um grande vazio urbano formado por uma propriedade rural que estava entre bairros mais antigos: Jardim Eldorado e Jardim Europa. O bairro Residencial Azenha está localizado em um topo, com mais de 20 metros acima dos demais. Ao ocupar, urbanizar e consequentemente impermeabilizar o novo bairro, o entorno passou a sofrer as consequências, as águas pluviais que antes permaneciam na área anteriormente rural, passou a escoar rapidamente, e a água invadindo residências e provocando prejuízos aos moradores. O mapa da figura 34 indica as cotas dos bairros.

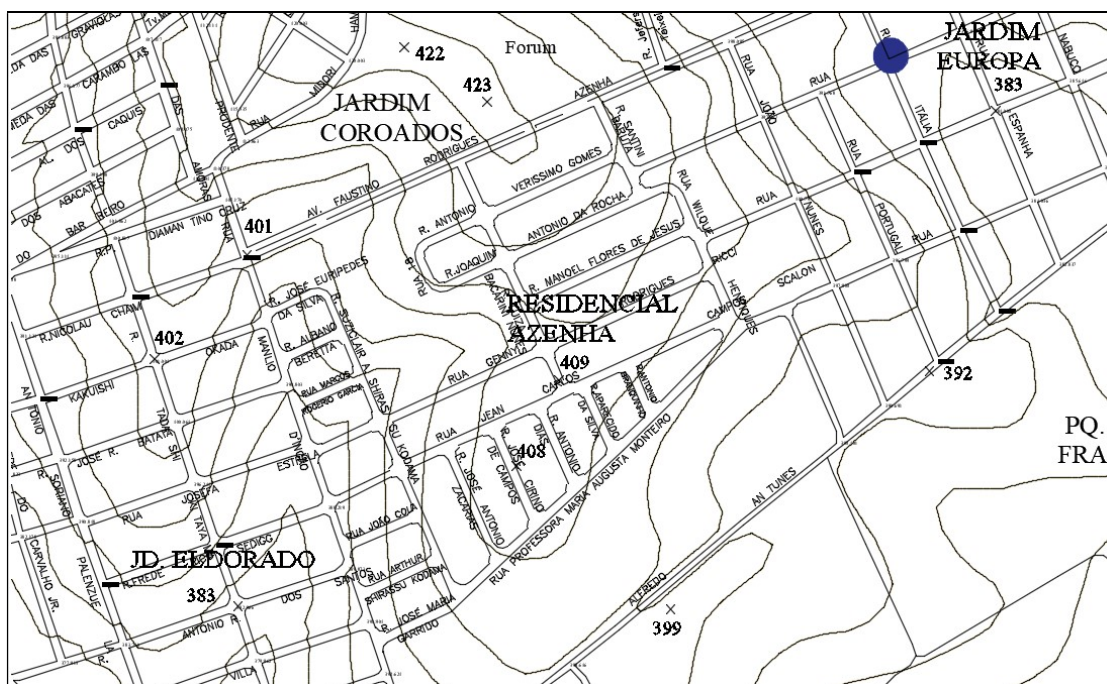


Figura 34- Recorte do mapa topográfico do Município- Fonte- Plano de Drenagem Urbana do Município.

O mapa indica as principais cotas de nível da área analisada. O Residencial Azenha está num nível mais elevado: 409, enquanto os bairros Jardim Eldorado e Jardim Europa chegam na cota 383, e por serem pontos mais baixos, acabam sendo mais suscetíveis à alagamentos com a intensa impermeabilização do solo. Para comparar a evolução, podem ser comparados nas imagens 35 e 36.



Figura 35- Recorte que tem o bairro Residencial Azenha ao centro, com apenas o traçado das vias. Imagem do Google Earth de 21/06/2019. Editado pela autora

Na Imagem de 2019, o bairro Residencial Azenha está em destaque, conforme figura 36, e de acordo com o plano de Drenagem Urbano, o bairro está na divisa entre duas bacias e são poucas as bocas de lobo existentes, e todo o volume escoar para os bairros que estão em cotas mais baixas, que são justamente os bairros Jardim Europa e Jardim Eldorado, que acabam recebendo todo o volume de água que antes infiltrava em toda essa extensão.



Figura 36- Recorte que destaca o bairro Residencial Azenha. Fonte: Google Earth de 21/06/2019. Editado pela autora

Foram construídos com recursos do governo do Estado, trechos de galerias de águas pluviais no Jardim Europa entre 2018 e 2019, para tentar evitar que se repitam situações como em 2015 e 2016, que foram matérias da afiliada da Rede Globo, TV Fronteira, em que muitos moradores dos bairros em questão tiveram suas casas invadidas pela água das chuvas.

Nas chuvas de 2015, foi decretada pela municipalidade situação de emergência. Segundo a reportagem mais de 500 pessoas foram atingidas e 22 delas tiveram que deixar suas casas após chuvas de cerca de 95 milímetros acumulados em poucos dias.

No ano de 2016 duas casas foram atingidas pela água das chuvas, uma no Jardim Europa e outra no Jardim Eldorado. De acordo com a matéria, em apenas uma hora de chuva foi suficiente para gerar esses transtornos aos moradores. Na montagem com as reportagens da figura 37 é possível ver que se trata do mesmo ponto do bairro Jardim Europa. São áreas intensamente ocupadas, com baixa permeabilidade do solo, o que favorece situações de inundações.



Figura 37-Montagem com imagens de Notícias de 2015 e 2016¹⁷ de alagamentos que invadem as mesmas casas nos bairros Jardim Europa e Jardim Eldorado

¹⁷ Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/presidente-prudente-regiao/noticia/2016/02/chuva-causa-alagamentos-em-bairros-de-presidente-venceslau.html>

Embora estejam em ângulos um pouco diferentes, as imagens representam os alagamentos ocorridos em 2015 e 2016 afetando as mesmas famílias, de maneira repetida, é possível concluir que tais eventos não ocorrem eventualmente e que exigem ações do poder público urgentes.

5.3.3. Residencial da Faive

O bairro Residencial da Faive foi loteado por meio de uma associação de moradores, está localizado em uma região plana, não conta com galerias de águas pluviais, e em função de ter sido idealizado por uma associação, dependia em grande parte de recursos do município para a execução de toda a sua infraestrutura. Na imagem da figura 28, é possível ver as ruas projetadas, no entanto, nenhuma edificação havia sido construída.

No ano de 2018 o município firmou convênio com o Governo Federal e obteve mais de meio milhão de reais para pavimentar cerca de 8 mil metros quadrados de ruas do bairro e mais de mil metros quadrados de calçadas, impermeabilizando uma área de mais de 9 mil metros quadrados. De acordo com o cronograma da prefeitura, as obras foram executadas em setembro de 2019, e em 29 de março de 2020, após uma chuva de 50mm, num intervalo de duas horas e meia, várias casas ficaram alagadas, conforme figura 38.



Figura 38- Registro de uma residência alagada no Bairro Residencial da Faive do dia 29/03/2020¹⁸

¹⁸ Disponível em: <http://www.blogdotoninho.com.br/chove-50-milímetros-em-duas-horas-e-meia-em-pv/>

O ocorrência de alagamento no bairro, que até então não ocorria, surpreendeu parte dos funcionários da prefeitura, já que o bairro não apresentava tais problemas em dias de chuvas intensas, no entanto, a impermeabilização das ruas e calçadas do bairro é um fator determinante, já que interferiu diretamente na capacidade de infiltração de água das chuvas no solo.

Em razão de ser um bairro isolado com relação à área urbana, o problema da falta de um sistema de drenagem afeta os moradores de forma pontual. A pavimentação era necessária, no entanto, um projeto de drenagem deveria ter sido devidamente dimensionado, de forma a compensar o volume de águas que deixou de infiltrar e precisa ser escoado e drenado de alguma outra maneira.

5.4. ANÁLISE DO PLANO DE DRENAGEM URBANA EXISTENTE

Desde 2012, a cidade de Presidente Venceslau possui em vigor um Plano de Macrodrenagem Urbana. Elaborado pela empresa Dal Más Consultoria, esse plano aponta deficiências em termos de infraestrutura para drenagem da água das chuvas, tanto em necessidade de aumento das seções das tubulações quanto em quantidades insuficientes e as obras não foram feitas justamente por falta de recursos.

Para compreender o Plano de Drenagem Urbana, é preciso saber, inicialmente o recorte espacial. O plano foi elaborado para os limites do perímetro urbano do Município, e desde 2012, o perímetro já passou por alguns processos de expansão.

Como ocorre com alguns municípios da região, o centro de Presidente Venceslau se encontra próximo a estrada de ferro Sorocabana, no espigão entre as bacias hidrográficas do Rio do Peixe, na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 21 (UGRHI-21) e na bacia do Ribeirão Santo Anastácio, que por sua vez está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22, (UGRHI-22) Pontal do Paranapanema.

Para facilitar a elaboração dos projetos e estratégias de implementação do mesmo, foram feitas outras delimitações de bacias de contribuição sendo A, B, C, D e E ao Norte, na Bacia do Rio do Peixe e F, G, H, I e J na Bacia do Pontal do Paranapanema, conforme imagem da figura 39.

Quando passou a vigorar em 2012, o Plano de Drenagem Urbano de Presidente Venceslau, foram definidos valores para que fosse totalmente implantado, porém, os valores estão desatualizados. Utilizando a calculadora online do Banco Central, os valores foram atualizados.

Após levantamento de todos os investimentos advindos do Governo do Estado de São Paulo e Governo Federal em galerias de águas pluviais realizados no município durante esse período, eles foram separados de acordo com a bacia no qual a obra foi executada e foi atualizado o valor utilizando a mesma metodologia para se chegar nos valores atuais.

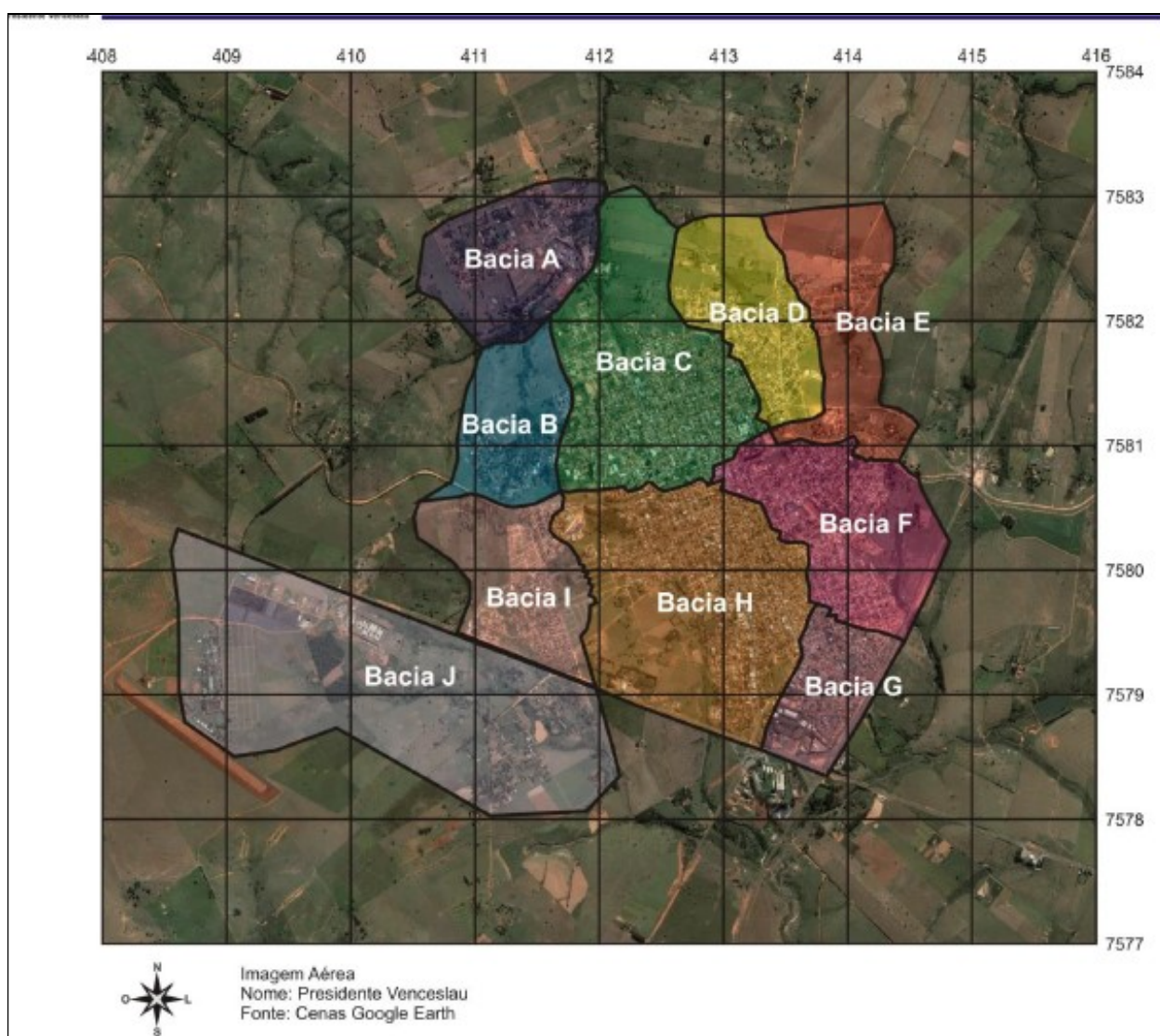


Figura 39- Mapa da divisão de Presidente Venceslau em Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Fonte: Plano de Macrodrenagem Urbana de Presidente Venceslau

Na data da sua elaboração, ano de 2012, eram necessários mais de 16 milhões de reais para implantar todas as galerias recomendadas. Após transcorridos

7 anos, foram investidos mais de 6 milhões de reais, que, atualizados ultrapassam 8 milhões de reais, no entanto, seriam necessários mais de 23 milhões de reais para se concluir o plano da maneira como ele foi elaborado. Outro dado importante é que dos valores investidos a maior parcela é de recursos obtidos junto ao governo do estado ou federal. Do montante de 3 milhões da bacia F, por exemplo, a Prefeitura é responsável por pagar somente 0,01% em contrapartida. O que significa que o município tem tido dificuldades financeiras em implantar o sistema com recursos próprios, conforme tabela 4.

Bacia	Valor na data da publicação	Valor atualizado SELIC referente dezembro de 2019	Valores executados	Valores atualizados	Quanto falta para implementar totalmente
A	R\$ 343.250,00	R\$ 676.740,93	-	-	R\$ 676.740,93
B	R\$ 89.500,00	R\$ 176.455,39	-	-	R\$ 176.455,39
C	R\$ 5.357.600,00	R\$ 10.562.876,10	1.200.000,00	1.689.997,38	R\$ 8.872.878,72
D	R\$ 308.500,00	R\$ 608.228,92	-	-	R\$ 608.228,92
E	R\$ 533.500,00	R\$ 1.051.831,87	R\$ 723.141,70	940.376,80	R\$ 111.455,07
F	R\$ 4.526.000,00	R\$ 8.923.319,63	3.000.000	4.224.993,45	R\$ 4.698.326,18
G	R\$ 980.000,00	R\$ 1.932.137,26	-	-	R\$ 1.932.137,26
H	R\$ 2.655.000,00	R\$ 5.234.514,72	1.256.853,67	1.530.834,48	R\$ 3.703.680,24
I	R\$ 655.000,00	R\$ 1.291.377,45	-	-	R\$ 1.291.377,45
J	R\$ 813.000,00	R\$ 1.602.885,30	-	-	R\$ 1.602.885,30
Total	R\$ 16.261.350,00	R\$ 32.060.367,57	R\$ 6.179.995,37	R\$ 8.386.202,11	R\$ 23.674.165,46

Tabela 3- Valores para execução do Plano de Drenagem Urbana de Presidente Venceslau.
Elaborada pela autora, 2019.

De acordo com os valores indicados no Plano de Drenagem Urbana, as bacias de contribuição C, F e H são as que exigem maiores recursos para atender o previsto no plano, somados, os valores necessários para executar as obras de drenagem propostas, seriam necessários mais de 17 milhões de reais, o que representa aproximadamente 70% do total para todo o município. As bacias de contribuição mencionadas estão inclusas na área central do município, que conta com galerias antigas, com mais de 60 anos

As iniciativas de implantar sistemas de infraestrutura verde que permite a infiltração de águas pluviais, que estão ocorrendo em São Paulo, como no exemplo no Largo das Araucárias, foram feitas com mão de obra de voluntários e doação das

mudas, o custo acaba sendo muito inferior e os benefícios, como já elencados, não se limitam somente à melhoria da drenagem urbana.

5.5. REGIME DE CHUVAS NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE VENCESLAU

Dados das estações pluviométricas do DAEE, localizadas em Presidente Venceslau, apresentam uma precipitação média anual de 1.272 milímetros, com verões mais chuvosos e temperaturas elevadas, enquanto o inverno é mais frio e seco, com temperaturas menores entre junho e agosto, que é o mês que apresenta maior histórico de estiagem¹⁹. A série histórica abrange os anos 1955-2019.

Ainda com base nesses dados, foi elaborado o gráfico 2 com as precipitações totais mensais, e é possível verificar que os meses de janeiro são os mais chuvosos, enquanto julho e agosto são meses tipicamente mais secos.

Gráfico de precipitações totais mensais:

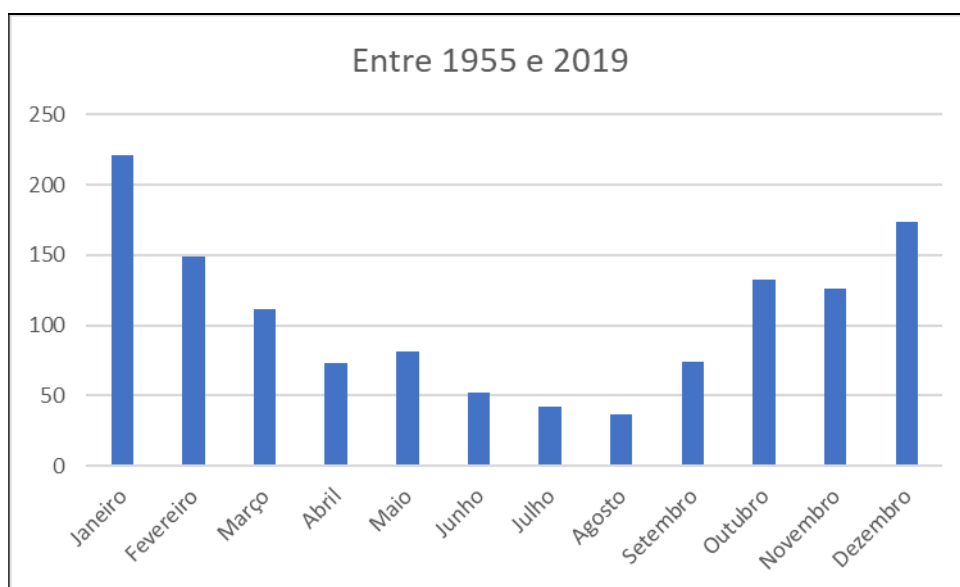


Gráfico 2- Precipitações médias mensais em Presidente Venceslau-SP., elaborado pela autora, 2019
Fonte: Dados do DAEE, 2019, elaborado pela autora, 2019

A pesquisa foi realizada com o intuito de avaliar as estimativas de chuva utilizando a variável taxa de precipitação (*Precipitation rate*) 3B42 versão 7 do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM).

Com acesso aos dados do aplicativo on-line Giovanni, foram extraídos dados de precipitação diária utilizando a base do NOAA, da série TRMM e temperatura

¹⁹ Média do período 1955-2019, segundo dados coletados junto ao DAEE, posto Fazenda Clotilde, D8-048, disponível em <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>

média mensal da base NOAA, da série MERRA, no intervalo de 01 de janeiro de 1998 a 31 de dezembro de 2016.

Ao fazer o gráfico com os dados dos meses, durante o intervalo, a variação fica evidente. Alguns meses tivemos volumes muito grandes de chuva, em janeiro de 2003 foram 477mm, no mesmo mês do ano de 2007 foram 436mm. Conforme gráfico 3:

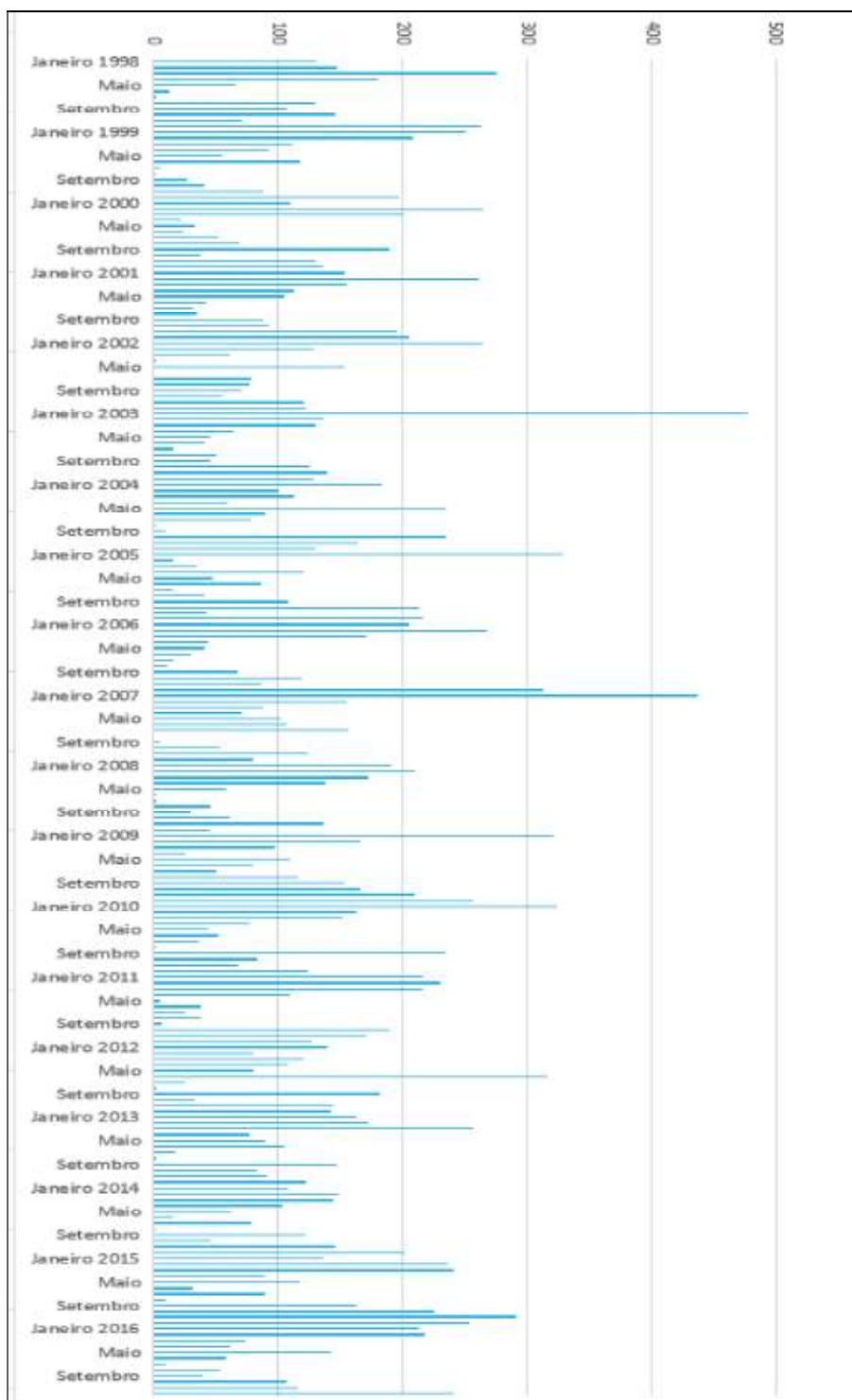


Gráfico 3- Precipitações mensais totais. Fonte: Elaborado pela autora, 2018

Após o levantamento e tabulação dos dados de precipitação diária do município de Presidente Venceslau, do intervalo apresentado, foi possível identificar que o dia que apresentou maior precipitação foi 20 de Junho de 2012, muito provavelmente por interferências do fenômeno climático La Nina, que afetou diversas cidades da região com chuvas atípicas, como pode ser visto nessa notícia da figura 40, do site da prefeitura de Presidente Prudente.



Figura 40- Notícia sobre chuvas atípicas na região de Presidente Venceslau²⁰

Isso reforça o que afirma Solomon et. al. 2007, que o regime de chuvas está se alterando, com chuvas muito intensas em um curto intervalo de tempo, que causam prejuízos sociais, ambientais e financeiros. E torna necessárias adaptações da forma como a cidade está sendo ocupada, para que, em eventos de estiagem prolongada ou chuvas intensas, os moradores não estejam tão susceptíveis aos efeitos de eventos extremos. As cidades devem ser mais resilientes às variabilidades e mudanças climáticas.

Herzog e Rosa (2010) apontam que a arborização contribui para melhoria da drenagem urbana, uma vez que as raízes têm boa capacidade de absorção de água. Além disso, existem opções de pisos com materiais porosos que são seguros e

²⁰ Disponível em: <http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/noticias.xhtml?cod=20166>. Acesso em Dezembro de 2019.

estáveis para pedestres e portadores de mobilidade reduzida e ao mesmo tempo evitam que toda água escoe por sua superfície.

Presidente Venceslau é um município de pequeno porte, no entanto, já apresenta alguns problemas urbanos com a drenagem de águas pluviais e aumento das temperaturas provocados pelo excesso de impermeabilização do solo e falta de arborização nas ruas.

Foi feito um levantamento dos relatórios elaborados pela Defesa Civil do Município e entre os anos de 2009-2019 foram geradas ocorrências graves em 06 anos, e em decorrência da incapacidade do Município em lidar com chuvas intensas. Os relatórios apontam danos na infraestrutura da área rural e urbana do município, no entanto, o recorte espacial considera apenas o perímetro urbano. O mapa da figura 41:

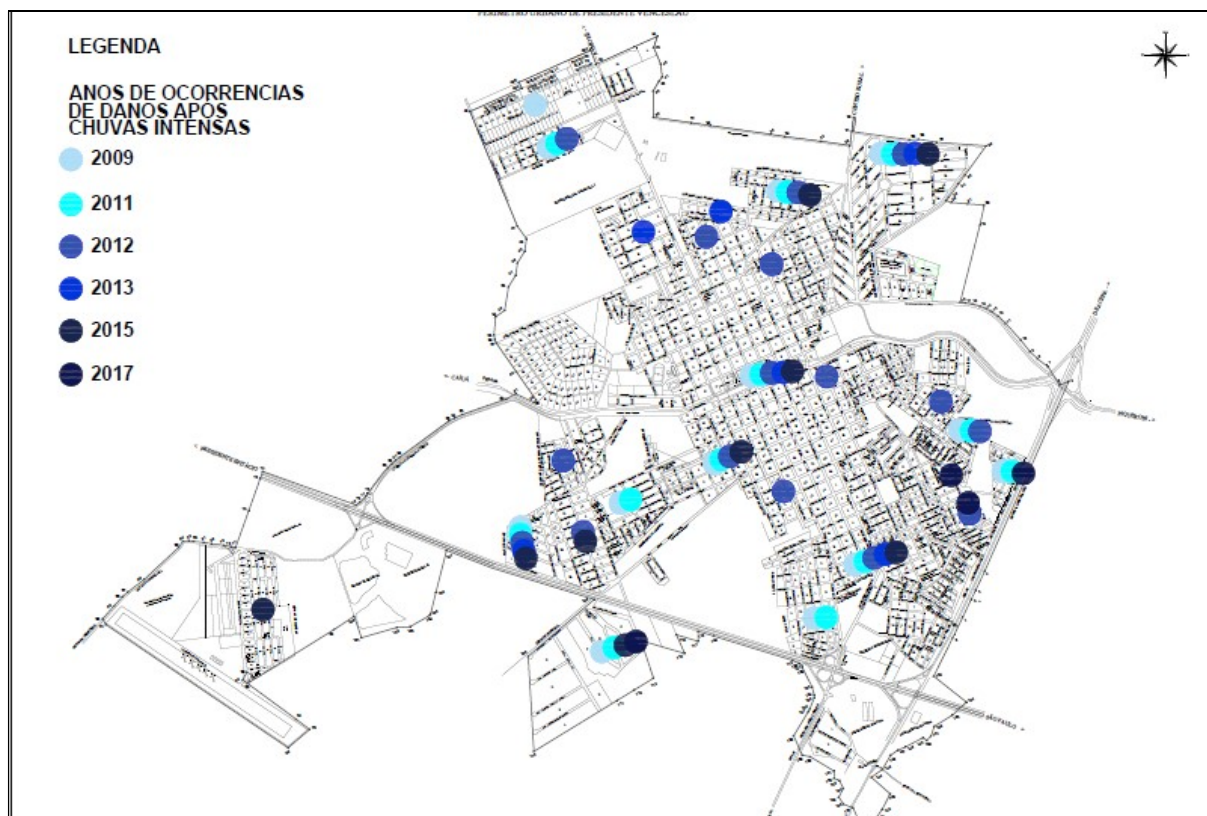


Figura 41- Mapa de ocorrências de danos. Fonte: Elaborado pela autora, 2020

O mapa de ocorrências da figura 38 indica que os danos provocados por chuvas intensas afetam todo o município, em alguns bairros ocorreu uma única vez, em outros, principalmente os bairros ao sul, sudeste e sudoeste do município, são recorrentes, principalmente nos últimos anos.

A partir dos dados dos relatórios emitidos pela Defesa Civil do Município, foi gerado a tabela 5 que abrange os bairros e o histórico dos últimos dez anos. Os dados permitem identificar a reincidência dos acontecimentos, para que sejam tomadas providencias a cerca da forma como os bairros estão sendo ocupados.

Ano da ocorrência Bairro	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Centro											
Jd Nova Ipanema											
Vila Bonfim											
Jardim Europa											
Residencial Azenha											
Parque Nico Moré											
Vila Luiza											
Vencesville											
Resid. Maximino											
Morada do Sol											
Resid. Watanabe											
Residencial Paineras											
Chácaras Santa Linda											
Vila Nova											
Jardim Arantes											
Vila Sumaré											
Jardim Eldorado											
Pq São Francisco											
Pq Augusto Pereira											
Futigami											
Vila Baruta											
Vila Ribeiro											
Jardim Paulista											
Pq Antonio Fonseca											
Cidade Jardim											
Residencial Morumbi											
Res. Olga Rheingantz											
Res. Da Faive											

Tabela 4 - Bairros afetados pelas chuvas nos últimos 10 anos. Elaborada pela autora, 2020.

De acordo com a Defesa Civil do Município, os últimos dez anos, a região central do Município, juntamente com o bairro Jardim Europa foram as áreas que mais sofreram danos em razão de incapacidade de suportar chuvas muito intensas,

Nas últimas décadas, principalmente no verão, que apresenta os meses de maiores índices pluviométricos, assim como tem ocorrido em diversas cidades, Presidente Venceslau passou a sofrer com enchentes e alagamentos em diversos pontos do município. Os bairros mais periféricos acabam sendo os mais danificados, principalmente aqueles que não possuem ainda infraestrutura necessária para facilitar a drenagem das águas pluviais. Tal situação vem se repetindo e agravando ano a ano.

O verão de 2017 apresentou chuvas muito acima das médias registradas na cidade de Presidente Venceslau. No período entre 20 a 25 de janeiro, de acordo com a estação pluviométrica do ITESP foram registrados mais de 250 milímetros. Essas chuvas provocaram diversos danos no perímetro urbano e zona rural do município. Houve rompimento de galerias que consequentemente danificou a estrutura de uma escola municipal; toda a zona rural a norte do município ficou com acesso comprometido por rompimento da ponte mais utilizada; alguns bairros tiveram casas alagadas e invadidas com água e barro, gerando transtornos e prejuízos para os moradores.

6. PROPOSTAS

Após a identificação de que o modelo de urbanização que ocorre atualmente em Presidente Venceslau está trazendo sérios problemas de drenagem e as soluções propostas atualmente são incompatíveis com as condições financeiras do município e necessitam de revisão. É necessário um projeto de urbanização com impacto ambiental reduzido, principalmente no que diz respeito à impermeabilização do solo.

Após os levantamentos das informações acerca dos bairros mais acometidos e também das formas de ocupação, a área central do município foi escolhida para recorte e objeto de propostas, já que, segundo o Plano de Drenagem Urbana do Município é uma das regiões com maiores percentuais de áreas impermeáveis, além disso, por ser a região de maior circulação de pessoas, facilita a divulgação dos sistemas ao passo que eles passam a ser implantados e vistos, podendo ser usados também para educação ambiental. A área toda possui aproximadamente 500 mil metros quadrados. Segue um mapa do município com destaque para a área central em vermelho, conforme figura 42:

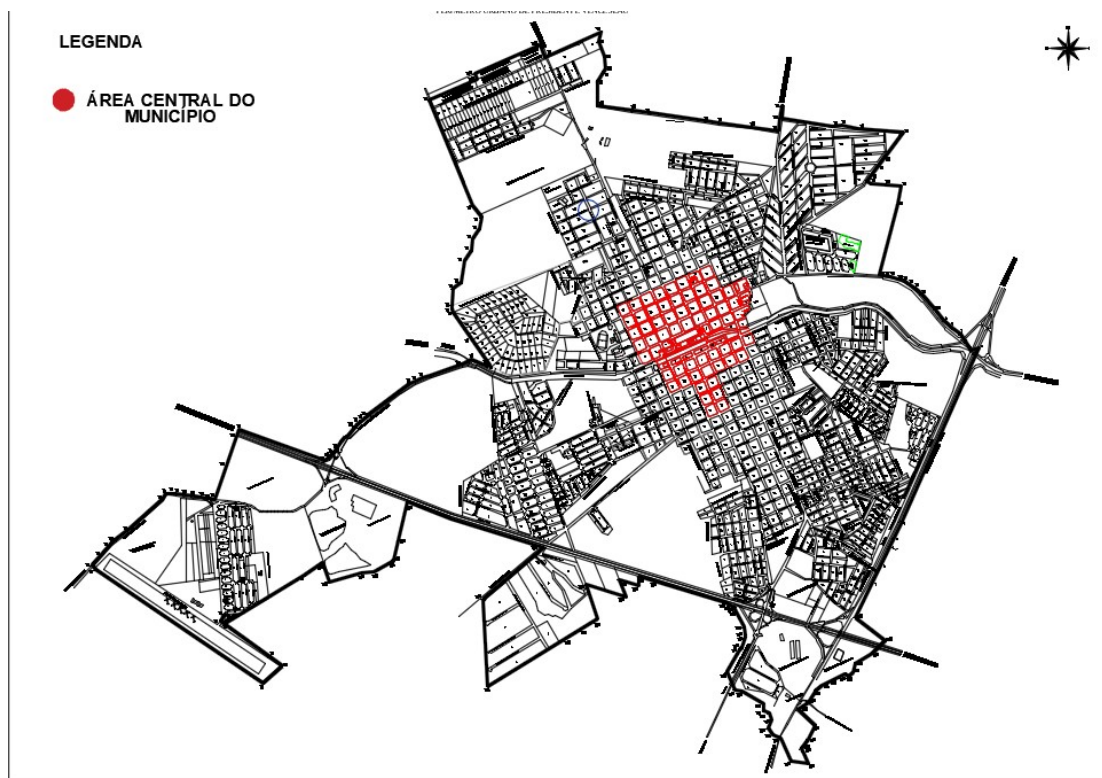


Figura 42- Mapa com destaque para o centro da cidade. Elaborado pela Autora. 2020.

A área central de Presidente Venceslau concentra as edificações públicas e comerciais de grande porte, o que significa que as medidas de controle do escoamento das águas pluviais acabam tendo efeitos significantes pelo volume de água que acaba sendo reduzido nos sistemas de drenagem de galerias de águas pluviais existentes. A localização das propostas está apontada no mapa da figura 43.

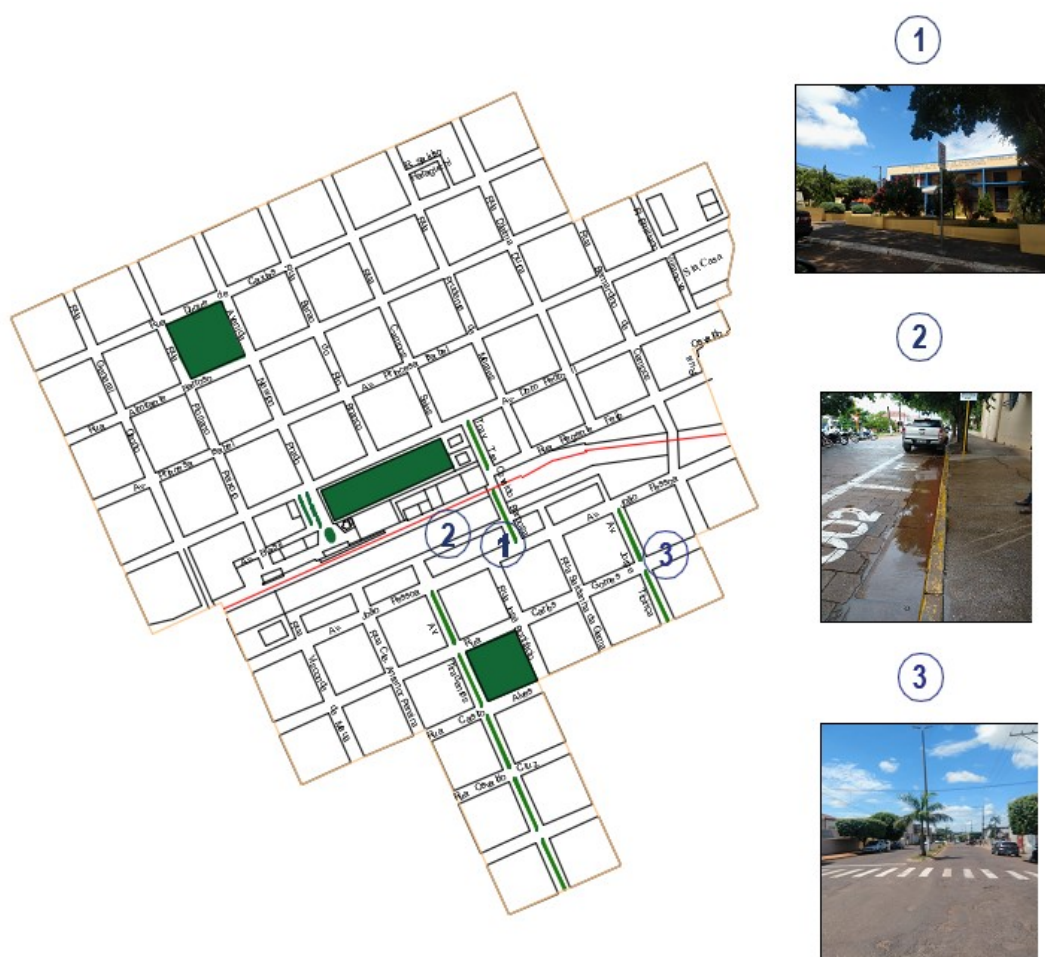


Figura 43- Detalhe do jardim e da calha que despeja as águas pluviais nas guias. Fonte: acervo da autora, 2020.

As tipologias propostas podem ser replicadas em todo o município, dadas as adaptações com relação às escalas, além de todas as demais que foram mencionadas no capítulo 4.6.

As infraestruturas verdes podem ser implantadas na escala local, de forma pontual nas edificações, de modo a reduzir o volume das águas pluviais que é despejado nas vias públicas, e também na escala urbana, em praças, ruas e parques.

6.1. PROPOSTAS NA ESCALA DAS EDIFICAÇÕES

A edificação que abriga o Paço Municipal tem uma área coberta de mais de mil metros quadrados, gerando uma grande área impermeável. A proposta para edificações com mais de 500m² área cobertura é a de não despejar nas as suas águas pluviais nas guias. Cada proprietário deve ser responsável por coletar e armazenar as águas pluviais recebidas dentro dos limites de seu lote.

A entrada principal do Paço Municipal conta com jardins em diversos níveis, porém, com muretas elevadas, conforme figura 44. Dessa maneira, são necessárias regas frequentes.

As águas pluviais são despejadas nas guias, aumentando o volume de água durante as chuvas, enquanto poderiam ser encaminhadas para os jardins, que iriam manter o solo úmido por mais tempo, promovendo a recarga nos níveis freáticos.



Figura 44- Detalhe do jardim e da calha que despeja as águas pluviais nas guias. Fonte: acervo da autora, 2020.

A proposta pontual de coleta das águas pluviais da cobertura do Paço Municipal e direcionamento da mesma para os jardins propiciaria economia de água, pois as regas seriam reduzidas, a água iria infiltrar no solo, promovendo a recarga de água no solo e reduziria o volume de água a escoar, mitigando os problemas de drenagem urbana de modo eficiente e a baixo custo.

Conforme foto da figura 45, é possível ver os jardins em vista frontal. Em função do desnível eles foram desenhados em degraus, tornando possível realizar a rega com um sistema de tubulação subterrânea. Tal medida iria reduzir a necessidade de regas que são realizadas quase que diariamente.



Figura 45- Vista frontal dos jardins do Paço Municipal. Fonte: acervo da autora, 2020.

Na proposta, seria implementado um sistema de dutos que conduziriam as águas além dos jardins, que estão em diferentes níveis, conforme esquema da figura 46, de uma projeção de como poderia ser feitas as adequações.

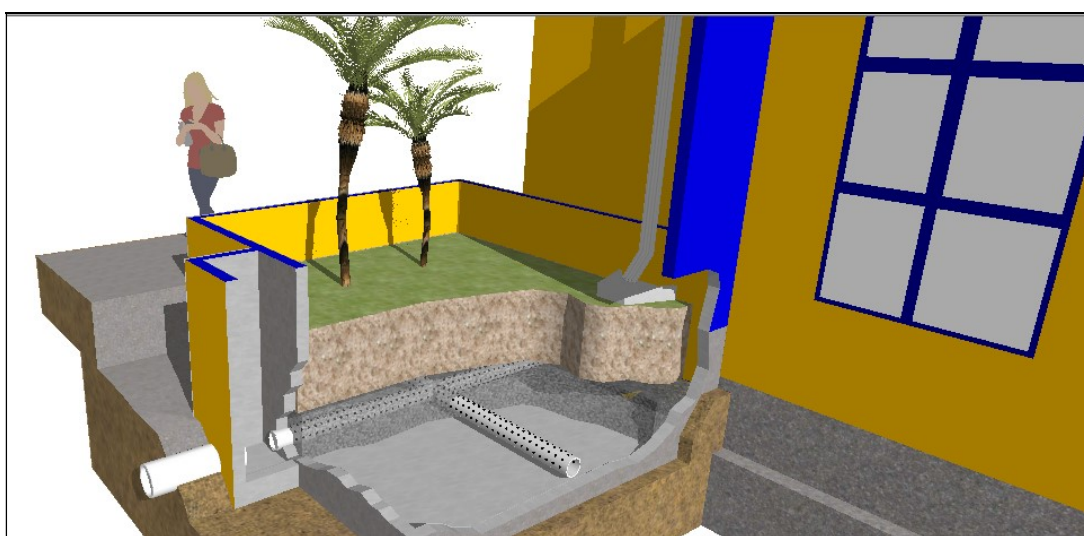


Figura 46-Detalhe do jardim e da calha que passaria a absorver a água da cobertura. Fonte: esquema projetado pela autora 2020.

A proposta para a edificação do paço municipal pode ser implantada em outros edifícios públicos ou privados, caso não haja áreas de infiltração, é possível reservar as águas de chuvas e reaproveitar para usos menos nobres como limpeza de calçadas ou descargas dos sanitários.

Dados da estação pluviométrica do DAEE registraram precipitação de 10mm no dia 05 de janeiro de 2020, e após o fim da chuva, a guia apresentava uma lâmina d'água que não escoou, conforme figura 47.



Figura 47-Registro do dia 05/01/2020- Rua São Paulo- entre o Paço Municipal e a Rodoviária. Acervo da autora

A imagem representa um dia com uma chuva de pouca intensidade, no entanto, o sistema de guia e sarjeta não foi capaz de escoar a água resultante dessa precipitação, o que indica a necessidade de reformas no trecho. No caso de haver um investimento para corrigir a água empoçada, uma alternativa, é a implantação de jardins de chuva nas calçadas, privilegiando o acúmulo de água no solo, que infiltra com auxílio das raízes, ao mesmo tempo que reduz a necessidade de regas por um período um pouco maior, característicos dos elementos de infraestruturas verdes.

A construção de pequenos jardins de chuva com direcionamento das águas pluviais a partir da guia seria capaz de eliminar a água empoçada nas guias, sem necessidade de direcionar toda a água para o sistema de galerias pluviais, conforme protótipo da figura 48:



Figura 48- Proposta para jardim de chuva no passeio público. Fonte: esquema projetado pela autora. 2020.

Além de agregar no aspecto paisagístico, os jardins de chuva têm a capacidade de retenção e absorção de águas pluviais, sem que seja necessárias grandes intervenções, como em caso de execução de galerias, que exigem altos investimentos para a construção. Para um jardim de chuva como o da imagem, é necessário ampliar o entorno das árvores e adequar alguns trechos das guias e sarjetas permitindo que as águas das chuvas sejam absorvidas pela vegetação.

6.2. PROPOSTAS NA ESCALA URBANA

Algumas das principais avenidas da cidade possuem canteiro central, conforme figura 49 do dia 10 de janeiro de 2020. No entanto, o canteiro está acima do nível da via, impedindo o direcionamento das águas das chuvas, que acaba sendo direcionada para as galerias de águas pluviais, enquanto poderia infiltrar no solo.



Figura 49-Registro do dia 10/01/2020- Avenida Jorge Tibiriçá. Acervo da autora. 2020.

A forma como a avenida Jorge Tibiriçá é projetada, representa o padrão das demais ruas do município. No geral, as vias são pouco arborizadas e muito impermeabilizadas, o que ajuda a compreender a susceptibilidade do município às chuvas intensas, afetando de diversas maneiras os bairros da cidade, sejam com enxurradas ou alagamentos.

Para as vias com canteiro central como a Avenida Jorge Tibiriçá e outras existentes no município, é possível implantar elementos de infraestruturas verdes nos canteiros centrais, calçadas e mesmo nas guias, conforme figura 48, de modo a reter as águas pluviais e reduzir o escoamento.



Figura 50- Proposta de infraestruturas verdes para as avenidas com canteiro central de Presidente Venceslau. Fonte: esquema projetado pela autora. 2020.

Em todas as vias de Presidente Venceslau são privilegiadas a impermeabilização dos passeios públicos e das vias. A capacidade de infiltração de água no solo é reduzida, e em muitos casos, zerada, exigindo do poder público altos investimentos em obras de galerias para promover a drenagem que apenas.

Uma forma de mitigar os efeitos das chuvas intensas é permitir que o solo absorva o máximo possível de águas pluviais, tal como nas cidades esponjas. Quanto mais elementos for possível implantar, maior a capacidade de absorção, e há muito potencial, principalmente nos canteiros centrais, que já são permeáveis, no entanto, como são elevados com relação ao nível da rua, não tem capacidade de receber as águas desses trechos impermeáveis.

6.3. PROPOSTAS NAS PRAÇAS PÚBLICAS

A área central possui três praças públicas, somando um total de aproximadamente, 26 mil metros quadrados. Ambas possuem características construtivas muito semelhantes. Possuem arborização, calçadas com pavimentos impermeáveis e canteiros com gramado elevados e com muretas, o que impede que as águas pluviais das calçadas sejam absorvidas pelos gramados.

As fotos da figura 50 e representam partes da principal praça do Município, que é denominada Nicolino Rondó. Os pisos estão muito danificados, necessitando reforma, o que seria uma oportunidade em potencial de implantar sistemas de infraestruturas verdes.



Figura 51- Fotos da Praça Nicolino Rondó. Acervo da autora. 2019.

As calçadas da praça são largas, o que permite ampliar a área permeável combinando pisos permeáveis com faixas de grama e jardins de chuva combinados. A figura 52 é da calçada principal da praça, que possui 8 metros de largura e um trecho de 194 metros de comprimento, numa área total de mais de 1.500 metros quadrados. Toda a área das calçadas da praça que necessita substituição é de 5.000 metros quadrados.



Figura 52- Foto da Calçada principal da Praça Nicolino Rondó. Acervo da autora 2020

A proposta para a praça, inicialmente, seria a de substituição do piso pela combinação de gramado, concreto poroso e pavimento permeável, conforme imagem da figura 53.

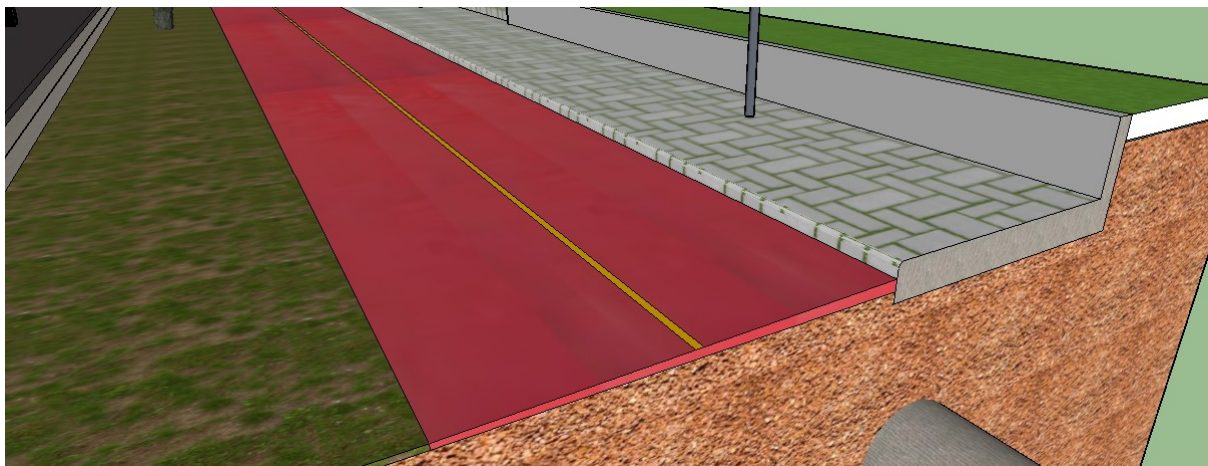


Figura 53- Proposta de calçada para a praça Nicolino Rondó. Elaborado pela autora. 2020.

As calçadas das praças devem ser reformadas, na medida do possível e conforme a disponibilidade de recursos, sempre priorizando reduzir as áreas impermeáveis, ampliando não somente as áreas permeáveis, mas também espécies vegetais, que conforme já visto, as infraestruturas verdes possuem inúmeros benefícios, pois são elementos que potencializam a infiltração das águas pluviais, além do conforto térmico e paisagístico conferido .

Além de alterar os tipos de pavimentos das praças, os pisos podem direcionar para jardins de chuva o excesso de águas que escoam em picos de chuvas mais intensas. Dessa maneira, permite que o solo retenha água para a vegetação, reduzindo a necessidade de manutenção com regas frequentes.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a produção urbana do Município, foi possível identificar que a origem do problema de drenagem de um bairro nem sempre é causada em sua área, mas provocada por alguma intervenção ocorrida no entorno e as análises de aprovação de novos loteamentos devem considerar como essencial, o estudo de impacto vizinhança que um novo bairro pode gerar. Com isso, evitaria, por exemplo, situações tais como as dos bairros Jardim Europa e Jardim Eldorado que passaram a sofrer alagamentos e enxurradas após a consolidação do bairro Residencial Azenha.

O Plano de Drenagem Urbana de Presidente Venceslau é constituído por uma série de documentos que identificou áreas críticas e propõe como solução para prevenir enchentes, a construção de novas galerias e aumento do diâmetro das seções das galerias existentes. No entanto, tais soluções apresentam custos muito elevados, o que dificulta sua execução de modo que possibilite a solução do problema atual, não atendendo, portanto, o objetivo que é melhorar a drenagem urbana. Além disso, tais soluções têm se mostrado remediações de curto prazo, necessitando novas ampliações, paulatinamente.

A análise do Plano de Drenagem Urbana do Município permitiu conhecer a realidade do sistema de drenagem proposto e concluir que não há diretrizes de uso e ocupação do solo. As únicas tipologias previstas são as galerias tradicionais, a um custo que o município não está sendo capaz de executar.

Portanto, há a necessidade de revisar as ações propostas no Plano, atualizando os valores das obras e também incluindo tipologias de infraestruturas verdes que permitam a infiltração das águas pluviais como estratégia de drenagem, e não somente as infraestruturas cinzas como estão sendo propostas até então.

Quando da realização dos levantamentos históricos das imagens do Google Earth, foi possível identificar a rápida ocupação de pontos específicos, e associar a alguns eventos relacionados às ações das chuvas intensas à falta de planejamento da urbanização. Ao acessar todos os relatórios da Defesa Civil do Município, permitiu fazer uma tabulação das frequências de ocorrências e das áreas mais afetadas.

O estudo das tipologias de drenagem urbana baseadas nas infraestruturas verdes, fundamentalmente, as experiências de outras cidades que enfrentavam problemas de drenagem urbana, permitiu concluir que causa principal das inundações, enchentes e inundações é a urbanização mal planejada, além disso, é possível atuar na produção das cidades, enquanto que controlar as chuvas, não é possível.

As escolhas dos administradores públicos e das pessoas acabam refletindo no meio urbano. Se todos impermeabilizam seus lotes e o poder público nada fizer para impedir, isso será refletido nos dias de chuvas intensas. Os lotes devem ser vistos como um conjunto, de modo coletivo, com diretrizes urbanísticas que visem minimizar o impacto que as grandes áreas impermeáveis causam no meio ambiente.

A forma como ocorre o uso e a ocupação do solo focando exclusivamente no micro (o lote) e desconsiderando o macro (o loteamento, o bairro e a cidade), vem aumentando cada vez mais as áreas impermeáveis, que impossibilitam significativas infiltrações e provocam mais escoamento superficial e, conseqüentemente, necessidade maior de mecanismos eficientes de drenagem urbana de águas pluviais.

Embora seja muito comum edificar e ocupar os leitos dos rios e, posteriormente, atribuir a causa das inundações às chuvas, fica claro que a responsabilidade é do poder público ao permitir que as áreas continuem (e permaneçam) sendo ocupadas.

Em Presidente Venceslau, as áreas ajardinadas ou apenas permeáveis do meio urbano têm um imenso potencial para receber as águas pluviais, no entanto, muitas dessas áreas estão acima do nível dos pisos impermeáveis, impedindo o direcionamento das águas que poderiam alimentar o sistema freático, mas acabam contribuindo para aumentar o volume de água escoado nas galerias. Do mesmo modo, não há considerações claras da permeabilidade intrínseca dos solos e da vegetação utilizada, promovendo áreas ajardinadas com baixa taxa de infiltração.

O trabalho propõe que sejam implantadas tipologias de infraestruturas verdes e que sejam elaborados projetos devidamente dimensionados, para os bairros críticos, com o objetivo de complementar os sistemas já existentes e, também, para

bairros que não sofrem com problemas de drenagem, em razão de todos os benefícios apontados pela adoção das infraestruturas verdes.

Com isso, propõem-se uma inversão do modo de produção da cidade de modo que haja uma consideração clara e objetiva em controlar e mitigar, paulatinamente, os efeitos das chuvas intensas que ocorrem no município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKANDE, Adeoluwa; CABRAL, Pedro; GOMES, Paulo; CASTELEYN, Sven. The Lisbon ranking for smart sustainable cities in Europe. **Sustainable Cities and Society**, Lisboa-Portugal, v. 44, p. 475-487, 5 out. 2018. DOI 10.1016/j.scs.2018.10.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670718308138?via%3Dihub>. Acesso em: 2 dez. 2019.
- AMORIM, M.C. de C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. São Paulo, 2000. 378p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas – USP.
- BESIR, Ahmet B.; CUCE, Erdem. **Green roofs and facades: A comprehensive review**. Elsevier, Turquia, v. 82, 6 out. 2017. Renewable and Sustainable Energy Reviews, p. 915-939.
- BETOLDI, Luiz Bianchi. **Relatório sobre o movimento das águas observadas no Vale do Tiete e Tamanduatehy durante a enchente de janeiro de 1887**. Arquivo histórico do Instituto Geológico. São Paulo, 1887.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Banco de dados e registros de desastres: sistema integrado de informações sobre desastres** - S2ID. 2013. Disponível em: < <https://s2id.mi.gov.br/paginas/sobre.xhtml> />. Acesso em: nov. 2019.
- BRUDERMANN, Thomas; SANGKAKOOL, Tachaya. **Green roofs in temperate climate cities in Europe – An analysis of key decision factors**. Urban Forestry & Urban Greening, [S. l.], ano 224-234, v. 21, p. 224-234, 27 nov. 2019.
- BONZI, R. EMERALD NECKLACE – INFRAESTRUTURA URBANA PROJETADA COMO PAISAGEM. **Revista LABVERDE**, n. 9, p. 106-127, 28 jan. 2015.
- CARDOSO DA SILVA, José Maria, Wheeler, Emily. **Ecosystems as infrastructure**. Perspectives in Ecology and Conservation. 2017 Jan 1;15(1):32-35.
- CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira; CARDOSO, Adauto Lucio; ZAMPRONIO, Gustavo Bezerra; MARTINGIL, Melissa de Carvalho. **A Gestão Integrada de Recursos Hídricos e do Uso do Solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí, na Baixada Fluminense**. Ambiente & Sociedade, Campinas- SP, v. VIII, p. 29-49, 14 nov. 2009.
- CORMIER, N.; PELLEGRINO, P. R. **Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana**. Paisagem e Ambiente, n. 25, p. 127-142, 11.2008.
- CUSTÓDIO, Vanderli; MORAES, Antônio Carlos Robert. **A persistência das inundações na grande São Paulo**. 2002. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-26032010-182931/?&lang=pt-br> >.
- Dal Más Consultoria. (2012). **Estudos de Macrodrenagem do Perímetro Urbano de Presidente Venceslau**. Presidente Venceslau, SP.

- DELLIJAICOV, Alexandre. **Os rios e o desenho da cidade: proposta de projeto para a orla fluvial da Grande São Paulo**. Orientador: Arnaldo Martino. 1998. 112 f. Dissertação (Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Estruturas Ambientais Urbanas) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- D'INCAO, Maria Angela; NASCIMENTO, Luís Eduardo Passos. **Presidente Wenceslau: uma região, a cidade e sua gente**. Presidente Wenceslau: Letras à Margem, 2005
- DONG, Xin; GUO, Hao; ZENG, Siyu. **Enhancing future resilience in urban drainage system: Green versus grey infrastructure**. Water Research, China, v. 124, p. 280-289, 17 jul. 2017.
- DOS SANTOS, Alexandre Rosa. **Apostila de Climatologia. Balanço Hídrico Segundo Thornthwaite e Mather, capítulo 10**. Vitória, ES, dez, 2002.
- EUROPEAN COMMISSION (EU). European Union. **STOCKHOLM European Green Capital 2010**. Bélgica: [s. n.], 2009. 52 p. DOI 10.2779/17961. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/wp-content/uploads/2013/02/brochure_stockholm_greencapital_2010.pdf. Acesso em: 2 dez. 2019.
- EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE-GENERAL FOR ENVIRONMENT (EU). European Green Capital. Expert Panel Technical Assessment Synopsis Report: European Green Capital Award 2020. **European Green Capital Award 2020**, Lisboa-Portugal, p. 93, 8 dez. 2019. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/wp-content/uploads/2013/02/EGCA_2020_Technical_Assessment_Synopsis_Report.pdf. Acesso em: 3 dez. 2019.
- FREITAS, Carlos Machado de; XIMENES, Elisa Francioli. **Enchentes e saúde pública – uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação**. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, p. 1601-1615, 15 abr. 2012
- GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. **Considerações sobre as inundações no Brasil**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABRH, 2005.10
- HERZOG, Cecília Polacow. **Guaratiba verde: subsídios para o projeto de infraestrutura verde em área de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UFRJ / FAU, 2009.
- HERZOG, C.; ROSA, L. **Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana**. Revista LABVERDE, n. 1, p. 92-115, 11 set. 2010.
- HIRATUKA, Celio. **Mudanças na estratégia chinesa de desenvolvimento no período pós-crise global e impactos sobre a AL: Texto para discussão**. Instituto de Economia da Unicamp, Campinas- SP, n. 339, p. 1-20, 1 maio 2018.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO **Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo**,

RELATÓRIO TÉCNICO 131.057 – 205 Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, 2012

- JIANG, Chunbo; LI, Jiake; LI, Huaien; LI, Yajiao; CHEN, Li. **Field Performance of Bioretention Systems for Runoff Quantity Regulation and Pollutant Removal**. Water, Air, & Soil Pollution, China, v. 228, n. 12, p. 1-13, 6 dez. 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11270-017-3636-6.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2019.
- LOURENÇO, I., VERÓL, A., MIGUEZ, M., & BRITTO, A. L. (2015). **Rios urbanos e paisagens multifuncionais: estudo de caso – Rio Dona Eugênia**. *Paisagem E Ambiente*, (36), 91-115.
- LOURENÇO, R.W & Landim, P.M.B. . **Estudo da variabilidade do “Índice de vegetação por diferença normalizada/NDVI” utilizando krigagem indicativa**. *Holos Environment*, v.4 (1): 38- 35. 2004
- MARICATO, Ermínia. **As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias – planejamento urbano no Brasil**. In: ARANTES, O.; VAINER, C.; MARICATO, E (Orgs.). *A cidade do pensamento único: desmanchando consensos*. Petrópolis: Vozes, 2000, p. 121-192
- MARCHIONI, Mariana; BECCIU, Gianfranco; OLIVEIRA, Claudio. **Infiltration-Exfiltration System for Stormwater Control: A Full Scale Test**. 4th International Electronic Conference on Water Sciences, Milão, Itália, p. 1-8, 13 nov. 2019. DOI doi:10.3390/ECWS-4-06452. Disponível em: <https://sciforum.net/paper/view/conference/6452>. Acesso em: 13 dez. 2019.
- MILLER, James D., HUTCHINS, Michael- **The impacts of urbanization and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom**. Centre for Ecology and Hydrology, Crowmarsh Gifford, Oxfordshire, OX108BB, United Kingdom)
- MOOY, Jennifer de; BALGOS, Miriam; LOVE, Susan; SKIVERS, Michael. **Green Infrastructure Primer for Delaware: A Delaware Guide to Using Natural Systems in Urban, Rural, and Coastal Settings**. 1. ed. Delaware, USA: Delaware Department of Natural Resources and Environmental Control, 2016. 52 p.
- MOURA, Newton Celio Becker de. **Biorretenção: Tecnologia Ambiental Urbana para manejo das Águas de Chuva**. 2014. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente)- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Doi:10.11606?T.16.2014.tde-30052014-104153. Acesso em 2019-11-01
- MOURA, N. C.; PELLEGRINO, P. R.; MARTINS, J. R. **Transição em infraestruturas urbanas de controle pluvial: uma estratégia paisagística de adaptação às mudanças climáticas**. *Paisagem e Ambiente*, n. 34, p. 107-128, 7 dez. 2014
- NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; BERTRAND-KRAJEWSKI, Jean-luc; BRITTO, Ana Lúcia. **Águas Urbanas e Urbanismo na Passagem do Século XIX ao XX**. *REV. UFMG, belo horizonte- MG*, v. 20, p. 102-133, 2013.

- New York City Department of Parks & Recreation. **New York City Street Tree Map**. Disponível em: <<https://tree-map.nycgovparks.org/>> Acesso em Junho 2017
- NGUYEN, Thu Thuy; NGO, Huu Hao; GUO, Wenshan; WANG, Xiaochang C.; REN, Nanqi; LI, Guibai; DING, Jie; LIANG, Heng. **Implementation of a specific urban water management - Sponge City**. Science of the Total Environment, Sydney, Australia, v. 652, 13 out. 2018. ScienceDirect, p. 147-162. DOI doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.168. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.168>. Acesso em: 6 mar. 2019.
- PHILLIPS, Robert; JESWANI, Harish Kumar; AZAPAGIC, Adisa; APUL, Defne. **Are stormwater pollution impacts significant in life cycle assessment? A new methodology for quantifying embedded urban stormwater impacts**. Sustainable Industrial Systems, School of Chemical Engineering and Analytical Science, The University of Manchester, Manchester M13 9PL, UK, 25 abr. 2018.
- PIROLI, E. L.. **Planejamento e Gestão em Recursos Hídricos e de Bacias Hidrográficas: Manejo De Águas Pluviais**. 13-14 de oct de 2017. Notas de Aula.
- SANT'ANNA, André Albuquerque. Not So Natural: **Unequal Effects of Public Policies on the Occurrence of Disasters**. Elsevier: Ecological Economics, Rio de Janeiro, v. 152, p. 273-281, 17jun. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.06.011>. Acesso em: 22 mar. 2019.
- SANT'ANNA, André Albuquerque. **O que têm a ver as chuvas de abril, políticas públicas e desigualdade?** O Eco, Rio de Janeiro, 18 abr. 2019. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/colunas/colunistas-convidados/o-que-tem-a-ver-as-chuvas-de-abril-politicas-publicas-e-desigualdade/>. Acesso em: 25 nov. 2019.
- SHAFIQUE, Muhammad; CUCE, Erdem. **Green roof benefits, opportunities and challenges—A review**. Elsevier, Coreia, v. 90, 24 abr. 2018. Renewable and Sustainable Energy Reviews, p. 757-773.
- SCHUTZER, José Guilherme. **Infraestrutura Verde no Contexto da Infraestrutura Ambiental Urbana e da Gestão do Meio Ambiente**. Revista LABVERDE, São Paulo, v. 08, p. 10-19, 8 dez. 2019. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/83532/86472>. Acesso em: 14 nov. 2019.
- SILVA, José Maria Cardoso da; WHEELER, Emily. Ecosystems as infrastructure. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Florida, EUA, p. 32-35, 24 mar. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2016.11.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1679007316300767>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- SOLOMON, S., D. Qin, M. MANING, M. Marquis, K. Averyt, M. M. B. Tignor, H. L. Miller Jr., Z. Chen, 2007: **Climate Changes 2007: The physical Science Basis**. Cambridge University Press.
- TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem**. Geousp – Espaço e Tempo (Online), v. 21, n. 1, p. 239-256, mês. 2017. ISSN 2179-0892.

- TOMINAGA, E. N. (2013). **Urbanização e Cheias: Medidas de Controle na fonte**. 2013. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Acesso em 20 abr. 2018
- TUCCI, C. E. M. (1995). **Inundações Urbanas**. TUCCI, C. E. M., PORTO, R. L. e BARROS, M. T. (orgs.). Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS.
- TUCCI, C.E.M. 1999. **Aspectos Institucionais no Controle de Inundações**. I Seminário de Recursos Hídricos do Centro Oeste. Brasília. ASPECTOS INSTITUCIONAIS DO CONTROLE DAS INUNDAÇÕES URBANAS
- TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE; SUPREN, 1977. 97 p. ISBN 2408124500.
- VIANA, Simone Scatolon Menotti; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **Caracterização do Clima Urbano em Teodoro Sampaio/SP: Uma Introdução**. Sociedade & Natureza, Uberlândia- MG, p. 19-49, 10 mar. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v20n2/a02v20n2.pdf>. Acesso em: 17 set. 2019
- WANG, Hao; MEI, Chao; LIU, JiaHong; SHAO, Weiwei. **A new strategy for integrated urban water management in China: Sponge city**. SCIENCE CHINA: Technological Sciences, China, p. 317-329, 31 jan. 2018.