



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Presidente Prudente

SANDRA MEDINA BENINI

**INFRAESTRUTURA VERDE COMO PRÁTICA
SUSTENTÁVEL PARA SUBSIDIAR A ELABORAÇÃO DE
PLANOS DE DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO DA
CIDADE DE TUPÃ/SP**

Presidente Prudente

2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Presidente Prudente

SANDRA MEDINA BENINI

**INFRAESTRUTURA VERDE COMO PRÁTICA
SUSTENTÁVEL PARA SUBSIDIAR A ELABORAÇÃO DE
PLANOS DE DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO DA
CIDADE DE TUPÃ/SP**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente/SP, para a obtenção do título de **Doutora em Geografia.**

Área de Concentração:

Produção do Espaço Geográfico

Orientadora:

Prof^a Dr.^a. Encarnita Salas Martin

Presidente Prudente

2015

B467i Benini, Sandra Medina.

Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: estudo de caso da cidade de Tupã/SP / Sandra Medina Benini – Presidente Prudente: [s.n.], 2015.

220 f; il.

Orientadora: Encarnita Salas Martin

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

1. Infraestrutura Verde. 2. Drenagem Urbana. 3. Sustentabilidade. 4. Gestão Ambiental Urbana. I. Título.

BANCA EXAMINADORA

Encarnita Salas Martin

PROFA. DRA. **ENCARNITA SALAS MARTIN**
ORIENTADORA

João Osvaldo Rodrigues Nunes

PROF. DR. **JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES**
(UNESP/FCT)

Antonio Cezar Leal

PROF. DR. **ANTÔNIO CEZAR LEAL**
(UNESP/FCT)

Marcos Norberto Boim

PROF. DR. **MARCOS NORBERTO BOIM**
(UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA)

M^{te} Betânia Moreira Amador

PROFA. DRA. **MARIA BETANIA MOREIRA AMADOR**
(UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO)

Sandra Medina Benini

SANDRA MEDINA BENINI

Presidente Prudente (SP), 23 de fevereiro de 2015.

RESULTADO: APROVADA

Dedico esta tese aos meus filhos, Waldemar Felipe e Lucas Izidoro.

Agradeço a Deus, aos meus professores, colegas que me acompanharam nessa jornada, a Arq^a Jeane Ap. Rombi de Godoy Rosin, Ex-Secretária Municipal de Planejamento e Infraestrutura (Gestão 2008-2012), pela colaboração técnica e disponibilidade dos dados apresentados nesta pesquisa e em especial, a minha Professora Dr^a. Encarnita Salas Martin pela atenção e apoio dado para a conclusão desta tese.

“O futuro dependerá daquilo que fazemos no presente.”

Mahatma Gandhi
(1860-1948)

RESUMO

Nesta tese discute-se a importância da infraestrutura verde, como prática sustentável destinada a subsidiar a elaboração de Planos de Drenagem Urbana. Para isso, foi proposto um novo olhar sobre o verde urbano, através de subsídios teóricos e práticos, em que foi demonstrada a possibilidade de otimização desses espaços, por meio de processos ecológicos conjugados (sistema verde e azul), os quais são materializados através da utilização das diferentes tipologias da infraestrutura verde. Neste sentido, além dos valores sociais, culturais, recreativos (lazer) e ambientais a serem explorados nos espaços verdes, esta tese apresentou o valor funcional das tipologias da infraestrutura verde aplicadas ao controle de águas pluviais urbanas. Como procedimento metodológico adotou-se uma pesquisa qualitativa sobre a temática da infraestrutura verde, tendo como recorte espacial a Estância Turística de Tupã/SP (Gestão 2005/2012). Desta forma, ao realizar o estudo de caso proposto, a pesquisa constatou e demonstrou a importância da incorporação da infraestrutura verde no processo de planejamento e gestão urbana, utilizando da cidade de Tupã. Verificou-se os inúmeros benefícios ambientais que contribuíram de modo significativo, não somente para mitigação dos diversos efeitos decorrentes do processo de urbanização, mas como estratégia primordial para assegurar qualidade ambiental em espaços urbanos.

Palavras-chave: Infraestrutura Verde. Drenagem Urbana. Sustentabilidade. Gestão Ambiental Urbana.

GREEN INFRASTRUCTURE AS A SUSTAINABLE PRACTICE TO SUPPORT THE DEVELOPMENT OF URBAN DRAINAGE PLANS: A CASE STUDY OF THE CITY OF TUPÃ/SP

ABSTRACT

This thesis discusses the importance of green infrastructure as a sustainable practice designed to underlie the development of urban drainage plans. For this, it was proposed to introduce a new look at the urban green, through theoretical and practical ground, in which was demonstrated the possibility of optimizing these spaces, through combined ecological processes (green and blue system, which are materialized through the use of the different kinds of typology of green infrastructure. Therefore, in addition to social, cultural, recreational (leisure) and environmental values to be explored in green spaces, this thesis presented the functional value of the types of green infrastructure applied to the urban stormwater control. As methodological procedures a qualitative research on the green infrastructure topic was adopted, having as spatial area the Tourist City of Tupã/SP (2005-2012 management). This way, when performing the case study proposed, the survey found and demonstrated the importance of incorporating green infrastructure in the process of urban planning and management, using the city of Tupã. It was found that numerous environmental benefits that contributed in a significant way, not only to mythologization of the various effects of urbanization process, but as a primordial strategy to ensure environmental quality in urban areas.

Keywords: Green Infrastructure. Urban Drainage. Sustainability. Urban Environmental Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Cidade-Jardim	37
Figura 02	Detalhamento da Cidade-Jardim	38
Figura 03	Ante-projeto da Cidade de Maringá / PR	41
Figura 04	Ciclo Hidrológico	58
Figura 05	Balanço Hídrico num Espaço Natural	59
Figura 06	Balanço Hídrico num Espaço Antropizado	60
Figura 07	Variação Temporal da Vazão de Escoamento segundo o Grau de Urbanização	60
Figura 08	Resposta da Geometria do Escoamento	61
Figura 09	Mapeamento dos Principais Pontos de Alagamentos de Vias em São Paulo, Realizado pelo Centro de Gerenciamento de Emergências e a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET)	64
Figura 10	Enchentes em São Paulo	65
Figura 11	Chuva de 08 de Fevereiro de 1999	66
Figura 12	Chuva de 18 de Janeiro de 2008	66
Figura 13	Chuva de 2 de Janeiro de 2006	66
Figura 14	Chuva de 18 de Janeiro de 2008	67
Figura 15	Chuva de 6 de Abril de 2013	67

Figura 16	Estragos Provocados pela Chuva de 6 de Abril de 2013	67
Figura 17	Áreas com Risco de Inundação	69
Figura 18	Principais Medidas Estruturais e Não Estruturais de Controle de Enchente	74
Figura 19	Ilustração Esquemática dos Conceitos de Canalização e Reservação	79
Figura 20	Parque do Ibirapuera	103
Figura 21	O Parque Várzeas do Tietê (Parque linear com 75 km de extensão)	104
Figura 22	Rua Gonçalo de Carvalho, Porto Alegre	106
Figura 23	Rua Gonçalo de Carvalho, Porto Alegre	106
Figura 24	Seção Típica de uma Bacia de Sedimentação	107
Figura 25	Exemplo de Bacia de Biorretenção (Jardim de Chuva) na Paisagem Urbana, em um Parque de Estacionamento.....	109
Figura 26	Seção Típica de uma Bacia de Biorretenção (Jardim de Chuva)	110
Figura 27	Seção Típica de Valas de Biorretenção	111
Figura 28	Vala de Biorretenção	112
Figura 29	Biovaletas	113
Figura 30	Seção Transversal que mostra Técnicas de Bioengenharia Utilizadas nas Vertentes do Canal	114
Figura 31	Técnica de Bioengenharia aplicada no Rio Kallang–Bishan,	

Singapore	117
Figura 32 Detalhes de um Perfil Típico de Biótopo de Limpeza	119
Figura 33 Seção Típica de um Biótopo de Limpeza	119
Figura 34 Canteiro Pluvial	120
Figura 35 Seção Típica de um Sistema de Alagados	121
Figura 36 Lago Seco (ou Bacia de Detenção)	123
Figura 37 Lagoa Pluvial	125
Figura 38 Piso Poroso na Calçada e na Gola da Árvore	126
Figura 39 Teto Verde da Prefeitura de Chicago	127
Figura 40 Água de Vários Telhados sendo Coletada para um Corpo D' água Maior	127
Figura 41 Teto Verde	128
Figura 42 Localização do Município de Tupã/SP	131
Figura 43 Mapa da Expansão Urbana da Cidade de Tupã/SP	133
Figura 44 Famílias Residentes em Domicílios Particulares com Classe de Rendimento Nominal Mensal Familiar Per Capita	135
Figura 45 Grupos de Vulnerabilidade Social	139
Figura 46 Precipitação Pluviométrica e Temperatura Média de 2012, no Município de Tupã/SP	140
Figura 47 Mapa Geológico de Município de Tupã/SP	141

Figura 48	Mapa Geomorfológico do Município de Tupã/SP	142
Figura 49	Mapa de Suscetibilidade à Erosão do Município de Tupã/SP	143
Figura 50	Reconstituição da Cobertura Florestal do Estado de São Paulo	144
Figura 51	Tora Gigante da Empresa Madeireira Marques e Cia. em 1939	145
Figura 52	Atual Cobertura Vegetal do Município de Tupã/SP	146
Figura 53	Mapeamento das Áreas Verdes Públicas na Cidade Tupã/SP	148
Figura 54	Microbacias do Município de Tupã/SP	150
Figura 55	Comparação de Curvas Domicílios/Habitantes X % Impermeável	152
Figura 56	Histórico dos Depósitos Tecnogênicos na Cidade de Tupã/SP	154
Figura 57	Localização dos Reservatórios de Detenção a Céu Aberto no Ribeirão Afonso XIII	166
Figura 58	Canal do Ribeirão Afonso XIII	168
Figura 59	Medidas Estruturais	169
Figura 60	Medidas Estruturais	169
Figura 61	Obra no Sistema de Microdrenagem	170
Figura 62	Obra no Sistema de Microdrenagem	171

Figura 63	Obra no Sistema de Microdrenagem	171
Figura 64	Combate à Voçoroca Urbana no Cônego Rebouças	172
Figura 65	Projeto do Parque Ambiental no Cônego Rebouças	173
Figura 66	Cenário Futuro do Parque Ambiental no Cônego Rebouças	174
Figura 67	Cenário Futuro do Parque Ambiental no Cônego Rebouças	174
Figura 68	Parque do Atleta	176
Figura 69	Parques Lineares	178
Figura 70	Implantação do Parque Ecológico no Ribeirão Afonso XIII	180
Figura 71	Revitalização e Implantação de Áreas Verdes Públicas	182
Figura 72	Piso Permeável	183
Figura 73	Áreas de Alagamentos na Cidade de Tupã (2007 e 2012) ...	184

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Referencial Teórico	24
Quadro 02	Medidas Estruturais	75
Quadro 03	Características da Canalização x Reservação	78
Quadro 04	Lista das Medidas de Controle Básicas	80
Quadro 05	Síntese das Vantagens Hidráulicas e os Efeitos Ambientais	81
Quadro 06	Principais Dispositivos de Infiltração	83
Quadro 07	Principais Funções Exercidas pela Infraestrutura Verde	97
Quadro 08	Tipologia, Usos e/ou Função dos Espaços Verdes Permeáveis	99
Quadro 09	Efeitos da Vegetação sobre a Estabilidade de Encosta. A = Efeitos Adversos da Vegetação; B = Efeitos Benéficos da Vegetação	115
Quadro 10	Quadro 10 - Índice Paulista de Vulnerabilidade Social no Município de Tupã/SP	137
Quadro 11	Projeção da Impermeabilização da Cidade de Tupã/SP	153
Quadro 12	Índices Urbanísticos da Área Urbana do Município de Tupã/SP	165

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Tempo de Retorno Utilizado para Obras de Drenagem	87
Tabela 02	Indicadores que Compõem o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS	136
Tabela 03	Índices Pluviométricos no Município de Tupã/SP	140
Tabela 04	Síntese do Percentual de Áreas Verdes Públicas	147
Tabela 05	Índice de Áreas Verdes Públicas da Cidade de Tupã/SP	214

LISTA DE SIGLAS

CTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica da Escola Politécnica de Engenharia da Universidade de São Paulo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CIAGRO	Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPRS	Índice Paulista de Responsabilidade Social
IPT	Instituto de Pesquisa e Tecnologia
IPVS	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social
OMS	Organização Mundial da Saúde
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SEPLAN	Secretaria Municipal de Planejamento
SEPLIN	Secretaria Municipal de Planejamento e Infraestrutura
UGRHIs	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNESP	Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	21
1	INFRAESTRUTURA VERDE	26
1.1	Aspectos Históricos	31
1.2	Conceito de Infraestrutura Verde	42
1.3	Princípios da Infraestrutura Verde	43
1.4	Benefícios da Infraestrutura Verde	46
1.5	Serviços Ambientais	48
1.6	Planejamento da Infraestrutura Verde	51
2	DRENAGEM URBANA	54
2.1	Chuva nas Cidades	63
2.2	Controle de águas pluviais	70
3	INFRAESTRUTURA VERDE APLICADA À DRENAGEM URBANA	89
3.1	Tipologias da Infraestrutura Verde aplicadas à Drenagem Urbana	95
3.1.1	Espaços Verdes Permeáveis	98
3.1.2	Bacia de Sedimentação	107
3.1.3	Bacias de Biorretenção (Jardins de Chuva)	108

3.1.4	Biovaleta	110
3.1.5	Bioengenharia	113
3.1.6	Biótopos Purificadores	118
3.1.7	Canteiro Pluvial	120
3.1.8	Fitodepuração	120
3.1.9	Grade Verde	122
3.1.10	Lago Seco (ou Bacia de Detenção)	123
3.1.11	Lagoa Pluvial (ou Bacia de Retenção ou Biorretenção)	124
3.1.12	Pavimentos Porosos	125
3.1.13	Teto Verde	126
4	PLANO DE MACRODRENAGEM DE TUPÃ/SP	130
4.1	Estância Turística de Tupã/SP	131
4.1.1	Aspectos Socioeconômicos	134
4.1.2	Aspectos Ambientais	139
4.2	Plano de Macrodrenagem de Tupã/SP	155
4.2.1	Efeitos Institucionais	160
4.2.2	Ações Consolidadas	165
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	186

REFERÊNCIAS	191
APÊNDICE	213
ANEXOS	218

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

Esta tese tem por objetivo discutir a importância da infraestrutura verde, como prática sustentável destinada a subsidiar a elaboração de Planos de Drenagem Urbana. Com esse enfoque, a proposta desta pesquisa vincula-se à linha de pesquisa “Análise e Gestão Ambiental” do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP – Campus de Presidente Prudente.

A infraestrutura verde está relacionada ao planejamento e gestão ambiental urbana. Suas tipologias são consideradas como elementos estruturadores da paisagem urbana, visto que no contexto dos ecossistemas urbanos, permite a conjugação do sistema verde (produção de biomassa) com o sistema azul (circulação da água) por meio de inúmeras soluções técnicas, as quais podem ser adaptadas às particularidades dos espaços antropizados.

Desta forma, a infraestrutura verde permite a conciliação e integração de processos naturais como alternativa adequada aos problemas ambientais urbanos, a exemplo da drenagem urbana, contribuindo desse modo, para melhoria da qualidade ambiental em cidades.

Para contextualização do problema de pesquisa, parte-se da proposição de dois questionamentos, os quais versam sobre a temática proposta aplicada a um caso concreto.

- **As medidas de controle de águas pluviais urbanas previstas no Plano de Macrodrenagem da Cidade de Tupã (SP) podem ser consideradas como tipologias da infraestrutura verde? Caso sejam, questiona-se:**
- **É possível afirmar que as tipologias da infraestrutura do verde aplicadas ao controle de águas pluviais urbanas implantadas, contribuíram para a melhoria da qualidade ambiental da cidade de Tupã?**

Tais questionamentos são necessários para determinar o foco central da temática proposta. Neste sentido, destacam-se os seguintes objetivos:

a) Objetivo Geral

- **Analisar o Plano de Macrodrenagem da Cidade de Tupã (SP), a partir das medidas de controle de águas pluviais urbanas, tendo como parâmetro analítico as tipologias da infraestrutura verde, as quais buscam a melhoria da qualidade ambiental do espaço urbano.**

b) Objetivos Específicos

- **Compreender o conceito, princípios e benefícios da infraestrutura verde;**
- **Entender porque alguns dispositivos utilizados para o controle de águas pluviais estão sendo incorporados como tipologias da infraestrutura verde;**
- **Avaliar o Plano de Macrodrenagem de Tupã, do período de 2008 a 2012, considerando: etapas cumpridas, ações e obras executadas, segundo as tipologias da infraestrutura verde.**
- **Avaliar se as tipologias da infraestrutura verde implantadas na cidade de Tupã contribuíram para sua qualidade ambiental.**

Nesta tese pretende-se defender a seguinte hipótese:

- **A implantação Plano de Macrodrenagem (Plano de Ação Imediata e Plano de Ação Continuada) da Cidade de Tupã, no período de 2008 a 2012, contemplou alguns princípios da infraestrutura verde. Por esta razão, as ações e obras que já foram executadas neste período, as quais tiveram como referência as tipologias da infraestrutura verde, contribuíram para melhoria da qualidade ambiental no espaço urbano.**

A partir dessa leitura, esta tese propõe um novo olhar sobre os espaços verdes urbanos, através de subsídios teóricos e práticos, os quais apresentam a possibilidade de otimização desses espaços, por meio de processos ecológicos conjugados (sistema verde e azul), os quais são materializados nas tipologias da infraestrutura verde.

Assim, além dos valores sociais, culturais, recreativos (lazer) e ambientais como potencialidades a serem exploradas no verde urbano, esta tese apresenta a multifuncionalidade desses espaços, a qual se caracteriza pelos usos das tipologias da infraestrutura verde aplicados ao controle de águas pluviais urbanas.

Ressalta-se ainda, que a multifuncionalidade enquanto característica intrínseca das tipologias da infraestrutura verde poderá apresentar como consequência direta, a ampliação da produção de biomassa e a criação de áreas de lazer no espaço urbano, melhorando, assim, a qualidade ambiental em cidades.

Neste contexto, apresenta-se o quadro referencial teórico (Quadro 01), com o objetivo de elencar os autores e os fundamentos teóricos que fundamentaram a hipótese dessa pesquisa.

Quadro 01 – Referencial teórico

AUTORES	BASES TEÓRICAS	REFERÊNCIA CRONOLÓGICA
Ebenezer Howard	Cidades-Jardins	1996
André Luiz Lopes Silveira	Drenagem Urbana	2002
Carlos Eduardo Morelli Tucci	Drenagem Urbana	1993, 1995, 1998, 2001, 2002, 2005 e 2007
Rosângela Garrido Machado Botelho	Drenagem Urbana e Geografia	2011
Mark A. Benedict; Edward T. McMahon	Infraestrutura verde – preservação e conservação	2002 e 2006
Paulo Renato Mesquita Pellegrino	Infraestrutura verde aplicada à drenagem	2008
Maria de Assunção Ribeiro Franco	Infraestrutura verde aplicada à drenagem, conectividade e multifuncionalidade	1997, 2001 e 2010
Cecília Polacow Herzog	Infraestrutura verde aplicada à drenagem, conectividade e multifuncionalidade	2008, 2010 e 2013
Helena Cristina Fernandes Ferreira Madureira	Infraestrutura verde caracterizada conectividade e multifuncionalidade	2012 e 2013

Dados os objetivos pretendidos, destaca-se que o desenvolvimento desta pesquisa, teve seus fundamentos teóricos baseados em autores de diferentes áreas do saber, como: Geografia, Engenharia Hidráulica e Arquitetura e Urbanismo, como pode ser observado no Quadro 1.

Este trabalho foi estruturado em 4 (quatro) capítulos.

O primeiro capítulo teve por objetivo apresentar o conceito de infraestrutura verde, assim como a importância de sua aplicação e implementação como um instrumento estratégico, cujo objetivo é assegurar qualidade ambiental nos assentamentos humanos. Com este propósito são trazidos para a discussão os diversos enfoques desenvolvidos por autores que integram a literatura nacional e a internacional, considerando a abrangência de pesquisas e trabalhos já desenvolvidos por pesquisadores de outros países, sobretudo na América do Norte. Como método de desenvolvimento para a discussão realizada, foram estruturados tópicos de forma hierarquizada: contextualização histórica; princípios e aplicabilidade da infraestrutura verde.

O segundo capítulo teve por objetivo propor uma reflexão sobre o modelo de cidade que está sendo (re)produzido e de que forma tem ocorrido a relação da sociedade com o ambiente natural, com ênfase nos modelos de sistemas de drenagem urbana implantados ao longo de décadas e que perduram até o momento, os quais têm colocado em estado de alerta várias cidades do país.

O terceiro capítulo teve por objetivo apresentar as tipologias da infraestrutura verde aplicadas à drenagem urbana, bem como, os benefícios ambientais promovidos por essas tipologias, quando aplicadas ao projeto urbano.

O quarto capítulo objetivou apresentar o Município e a cidade de Tupã, evidenciando os problemas urbanos que comprometem a drenagem das águas pluviais. Apresentou-se ainda, de que modo o Plano de Macrodrenagem foi estruturado e implantado, além de apresentar seus efeitos institucionais na elaboração do Plano Diretor e ações consolidadas.

INFRAESTRUTURA VERDE

1 INFRAESTRUTURA VERDE

A inspiração do tema desta pesquisa proporciona o despertar de uma nova leitura voltada à compreensão da infraestrutura verde no contexto das cidades contemporâneas. Embora no Brasil, esse tema ainda venha sendo pouco explorado, se restringindo a algumas vertentes de pesquisadores, constata-se em literatura específica, a existência de pesquisas acadêmicas voltadas para essa questão, as quais têm contribuído para um novo enfoque tanto na concepção do planejamento, como no pensar o projeto urbano.

Neste sentido Birkholz (1968), afirma que o planejamento é um

[...] processo de pensamento, um método de trabalho, um meio para propiciar um melhor uso da inteligência e das capacidades potenciais do homem, para o benefício do próprio homem [...].

O plano é função dos meios e condições que a sociedade apresenta numa dada época e, deve ser considerado como válido em suas diretrizes e objetivos, porém dinâmico em relação aos seus detalhes, os quais variam com a evolução sócio-econômica do meio para o qual ele foi organizado [...]

O que é importante do ponto de vista do planejamento, não é somente elaborar o plano, mas sim, organizar a sociedade para que ela continue detalhando e adaptando o plano em questão, através de seus técnicos durante a sua própria evolução, em função das modificações do meio. (BIRKHOLZ, 1968, p. 3).

Santos (1989, p. 22) explica que o “planejamento é um instrumento orientador do desenvolvimento urbano. Para ser eficaz, um plano deve compreender três etapas principais”:

1. Estudo e análise das condições concretas de determinada cidade;
2. Proposição de situações e metas desejáveis para o futuro;
3. Acompanhamento da aplicação das diretrizes e ações recomendadas, verificação de resultados, elaboração de novas proposições. (SANTOS, 1989, p. 22).

Desta forma, quando o planejamento urbano é concebido a partir dos princípios que norteiam a infraestrutura verde, possibilita a incorporação de diversos componentes da natureza aos espaços urbanizados, e contribui para minimizar os

mais diversos impactos ambientais¹ decorrentes do próprio processo de urbanização, colaborando significativamente para construção da tão preconizada sustentabilidade urbana.

Para melhor compreensão do estudo realizado, deve-se considerar que

A noção de sustentabilidade implica uma necessária interpelação entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a necessidade de desenvolvimento com capacidade de suporte. Mas também se associa a uma premissa da garantia de sustentação econômico-financeira e institucional. No nosso entender, a ênfase é na direção de práticas pautadas por um desenvolvimento de políticas sociais que se articulam com a necessidade de recuperação, conservação, melhoria do meio ambiente e da qualidade de vida. (JACOBI, 1999, p. 44).

Acselrad (1999, p. 81) considera que a sustentabilidade pode vir a subsidiar o desenvolvimento das cidades, de modo a evidenciar a “compatibilidade delas com os propósitos de dar durabilidade ao desenvolvimento, de acordo com os princípios da Agenda 21, resultante da Conferência da ONU sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente”.

Desse modo, não apenas pesquisas, mas também importantes trabalhos foram elaborados desde as últimas décadas até os dias atuais, com o propósito de promover a sustentabilidade urbana, dentre os quais se destacam aqueles que valorizam a consolidação dos espaços públicos (áreas verdes, jardins, parques, dentre outros), com oferta de lazer, recreação e integração com a natureza. Entretanto, há necessidade de ampliar as discussões sobre a temática, quebrando paradigmas e lançando um novo olhar sobre as cidades contemporâneas, de modo a vislumbrar a possibilidade de se agregar novos valores e funcionalidades aos espaços públicos.

Por esta razão, infraestrutura verde esta sendo apresentada como uma nova possibilidade técnica e ecológica, que agrega aos espaços públicos os valores da multifuncionalidade, contribuindo assim para a qualidade ambiental em cidades.

¹De acordo com o Artigo 1º da Resolução n.º 001, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Impacto Ambiental é "qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente: A saúde, a segurança, e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; A biota; As condições estéticas e sanitárias ambientais; A qualidade dos recursos ambientais".

A qualidade ambiental pode ser entendida como “conceito mais amplo, tendo em vista que o meio ambiente, consideradas as suas dimensões materiais e imateriais, pode ser analisado como substrato e mediador de todas as formas de vida”, permitindo assim, “o desenvolvimento dos processos vitais, das relações ecológicas, da evolução dos ecossistemas naturais e construídos do planeta, da construção/destruição, ou seja, da evolução das paisagens externas e internas”. (GUIMARÃES, 2005, p. 21).

Para Macedo (1995, p. 17) a qualidade ambiental a partir dos “mecanismos de adaptação” e “auto-superação” dos ecossistemas, e afirma com “base na teoria sistêmica da evolução” que a qualidade ambiental é oriunda da “ação simultânea da necessidade e do acaso”.

Neste sentido Jesus e Braga (2005, p. 208) afirmam que qualidade ambiental “está intimamente ligada à qualidade de vida, pois vida e meio ambiente são inseparáveis. Há uma interação e um equilíbrio entre ambos que varia de escala em tempo e lugar”. Por esta razão, o espaço urbano tem se tornado o palco da atenção de diversos pesquisadores que incessantemente, buscam a propositura de técnicas alternativas que venham melhorar as condições ambientais das cidades.

Tal preocupação pode ser compreendida por meio de uma fundamentação teórica, que busca demonstrar que a inserção da infraestrutura verde nos processos de planejamento, como um conceito novo, mas não como uma ideia inovadora, considerando seus antecedentes históricos.

Daí a relevância dos conceitos apresentados por Benedict e McMahon (2002b, p. 8), em que os referidos autores destacam que infraestrutura verde é “*Green infrastructure is a new term, but it's not a new idea*”². Com ênfase na questão, Tzoulas (2007) complementa a abordagem conceitual ao explicitar sua abrangência,

*[...]The concept of Green Infrastructure has been introduced to upgrade urban green space systems as a coherent planning entity [...]. It can be considered to comprise of all natural, semi-natural and artificial networks of multifunctional ecological systems within, around and between urban areas, at all spatial scale [...]. (TZOULAS, 2007, p.169)*³.

² “Infraestrutura verde é um termo novo, mas não é uma nova ideia”. (BENEDICT; MCMAHON; 2002b, p. 8 - Tradução nossa).

³ “[...] O conceito de Infraestrutura Verde tem sido introduzido para melhorar o sistema de espaços urbanos verdes como uma entidade coerente de planejamento [...]. Pode ser considerado para a compreensão de todas as redes naturais, semi-naturais e artificiais de sistemas ecológicos

Para Tzoulas (2007), a infraestrutura verde deve ser utilizada para subsidiar o planejamento ambiental, assim como, o desenho ambiental em cidades, ao possibilitar processos de requalificação urbana⁴.

Todavia, deve-se primeiramente compreender que o planejamento ambiental "é um processo técnico instrumentalizado para transformar a realidade existente no sentido de objetivos previamente estabelecidos" em favor do desenvolvimento sustentável do meio ambiente (SILVA, 2002, p. 774). Para Leal (1995, p.27), "o Planejamento pode constituir-se em um dos instrumentos para a melhoria da qualidade de vida da população e para uma nova relação sociedade↔natureza".

Philippi Jr. *et al.* (1999, p.49) explicam que o planejamento ambiental engloba um conjunto de atividades a serem desenvolvidas, as quais devem contemplar "à análise ambiental dos espaços e território do município" que permitam obter um diagnóstico da realidade, para subsidiar a elaboração "de planos, programas, projetos e atividades voltados à obtenção de melhores condições ambientais".

Neste sentido, Mateo Rodriguez (1994) destaca que

[...] as condições ecológicas para o desenvolvimento efetivo da produção social, e de todas as atividades da população, através do uso racional e da proteção dos recursos do meio ambiente, articulando-se através de quatro níveis devidamente integrados: a organização ambiental do território; a avaliação ambiental de projetos; a auditoria e peritagem ambiental e a gestão do modelo de Planejamento Ambiental. (RODRIGUEZ, 1994, p.583-584).

A metodologia proposta por Rodriguez (1994) destaca a importância de se buscar estratégia para promoção do desenvolvimento sustentável, objetivando a qualidade ambiental do espaço.

No contexto urbano, Franco (1997, p. 132) apresenta como prática metodológica de planejamento ambiental, a elaboração de cenários hipotéticos, com objetivo de "responder a uma determinada questão que necessita de uma expressão

multifuncionais dentro, no entorno e entre as áreas urbanas, em qualquer escala espacial... [...]". (TZOULAS, 2007, p.169 – Tradução nossa).

⁴"A requalificação urbana é, sobretudo, um instrumento para a melhoria das condições de vida das populações, promovendo a construção e recuperação de equipamentos e infraestruturas e a valorização do espaço público com medidas de dinamização social e econômica. Procura a (re) introdução de qualidades urbanas, de acessibilidade ou centralidade a uma determinada área (sendo frequentemente apelidada de uma política de centralidade urbana)". (MOURA *et al.*, 2005, p. 10).

espaço-temporal, em qualquer escala, partindo de princípios de conservação ambiental e objetivando a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento sustentado”. Para Franco (1997, p. 133-134), “desenho ambiental”, enquanto recurso metodológico permite estabelecer estratégias de “planejamento, entendido não como um fim em si, mas como um processo realizado em escalas integradas, numa visão ecossistêmica”, ou seja, passa a “constituir-se num instrumento eficaz para as intervenções antrópicas no território”.

Desta forma, o desenho ambiental permite alcançar índices satisfatórios para a valorização da paisagem⁵, bem como a consequente melhoria da qualidade ambiental em áreas urbanas.

1.1 Aspectos Históricos

Para Madureira (2012), a infraestrutura verde se confunde com “a *própria história da cidade*”, mas sua aplicabilidade vem sendo difundida com maior expressão desde a Revolução Industrial, com objetivo de minimizar os impactos ambientais oriundos do processo de produção do espaço⁶ urbano.

Apesar da preocupação pela preservação e criação de áreas verdes se confundir com a própria história das cidades, é com as alterações espaciais, sociais e ambientais decorrentes da Revolução Industrial que esse movimento ganha a expressão que reconhecemos na actualidade. (MADUREIRA, 2012, p. 34).

⁵ “[...] a paisagem geográfica apresenta simultaneamente várias dimensões que cada matriz epistemológica privilegia. Ela tem uma dimensão morfológica, ou seja, é um conjunto de formas criadas pela natureza e pela ação humana, e dimensão funcional, isto é, apresenta relações entre as suas diversas partes. Produto da ação humana ao longo do tempo, a paisagem apresenta uma dimensão histórica. Na medida em que uma mesma paisagem ocorre em certa área da superfície terrestre, apresenta uma dimensão espacial. Mas a paisagem é portadora de significados, expressando valores, crenças, mitos e utopias: tem assim uma dimensão simbólica”. (CORRÊA; ROSENDAHL, 1998, p. 8). Para Bertrand “a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto, instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente um sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. A dialética tipo-indivíduo é o próprio fundamento do método de pesquisa”. (2004, p. 141).

⁶ Santos (1988, p. 28) explica que: “Não há produção que não seja produção do espaço, não há produção do espaço que se dê sem o trabalho. Viver, para o homem, é produzir espaço. Como o homem não vive sem trabalho, o processo de vida é um processo de criação do espaço geográfico. A forma de vida do homem é o processo de criação do espaço. Por isso, a geografia estuda a ação do homem.”

A autora (MADUREIRA, 2012, p. 34) explica que naquele período as cidades eram menores e conseqüentemente, menos adensadas, o que possibilitava uma relação homem x natureza muito diferenciada, na qual a *“forte articulação morfológica e funcional entre a cidade e o campo induziam a perpetuação de um contacto quotidiano entre a população urbana e a natureza”*.

Os efeitos decorrentes da Revolução Industrial⁷ impactaram diretamente o contexto social e econômico, criando novos paradigmas relacionados à produção do espaço urbano.

Para Herzog (2013, p. 40), o século XVIII com o advento da Revolução Industrial alterou de forma significativa a dinâmica das cidades inglesas, a exemplo de Londres que cresceu “sem planejamento”, expandindo “sobre o largo território”, caracterizado por ruas estreitas, construções insalubres, além da escassez de espaços de lazer. Spósito (2004, p. 56) completa explicando que a morfologia urbana⁸ era caracterizada pelo “chamado centro” que “guardava sua estrutura original, como seus monumentos, suas ruas estreitas algumas casas pequenas e compactas, jardins e pátios anexos às residências” imóveis esses, pertencentes às famílias mais abastadas. Spósito (2004, p. 56) afirma ainda que a “periferia”, era como uma “espécie de território livre da iniciativa privada”, onde, “de forma independente, surgiam bairros de luxo (para abrigar os ricos emigrados do centro), bairros pobres (onde moravam mais assalariados e recém-emigrados do campo), unidades industriais maiores, depósitos”.

No âmbito da questão, Spósito (2004, p. 56) complementa ao enfatizar a situação de precariedade urbana, principalmente, no que se refere às condições de moradias localizadas em áreas periféricas. As referidas tipologias, embora conservassem as características singulares, mantendo a mesma “configuração do campo”, apresentavam, sobretudo, um sistema de arruamento inadequado com vias estreitas demais para atender os requisitos mínimos de infraestrutura.

⁷ “A revolução industrial longe de se apresentar como um fenômeno técnico significou uma transformação na ciência, nas idéias e nos valores da sociedade. Significou também troca no volume e distribuição de riqueza centrada, até então, no monopólio da nobreza que lhe conferia também o poder político. Por sua vez, e produto de um processo histórico do desenvolvimento das forças produtoras e do princípio da especialização assentada na divisão do trabalho, já que o homem não produzia mais para a subsistência”. (CARLOS, 1997, p. 28).

⁸ Segundo Lamas (2010, p.41) a morfologia urbana estuda “essencialmente os aspectos exteriores do meio urbano e suas relações recíprocas, definindo e explicando a paisagem urbana e sua estrutura”.

Neste sentido, Zmitrowicz (1997, p. 2) explica que Infraestrutura era considerada como um “sistema técnico de equipamentos e serviços necessários ao desenvolvimento das funções urbanas, podendo estas funções serem vistas sob os aspectos social, econômico e institucional”.

Reafirmando o contexto urbano da época (Século XVIII), Herzog, (2013, p. 40) chama a atenção para o nível de poluição, o qual assumia uma condição generalizada, envolvendo os elementos essenciais à qualidade ambiental (ar, solo e água), além da gravidade relacionada à ausência de um sistema de saneamento. Tal situação é relatada por diversos estudos relacionados à questão, ao contextualizarem as condições de vida em diversas localidades urbanas, onde o esgoto corria a céu aberto, favorecendo a proliferação de doenças de origem hídrica, como a cólera, afetando inevitavelmente todos os estratos sociais com taxas de mortalidades elevadas, o que vem demonstrar a baixa qualidade de vida⁹ urbana.

A falta de coleta de lixo, de rede de água e esgoto, as ruas estreitas para circulação, a poluição de toda ordem, moradias apertadas, falta de espaço de lazer, enfim, insalubridade e feiúra eram problemas urbanos, na medida em que se manifestavam de forma acentuada nas cidades, palco de transformações econômicas, sociais e políticas. (SPOSITO, 2004, p. 58).

Com o intuito de explicitar o estado de precariedade e insalubridade presente em grande parte das cidades europeias nesse momento histórico, Spósito (2004, p. 56) faz apontamentos esclarecedores, ao salientar a ausência de normas urbanísticas na organização das cidades, onde a “falta de espaço” ao redor das moradias se “constituía em séria dificuldade para a eliminação do lixo, para ventilação, insolação” além do que “a maioria destas casas localizava-se próximo das indústrias e estradas de ferro, fontes de poluição, barulho e poluição de rios”, comprometendo toda a qualidade do ambiente urbano.

O cenário apresentado sobre Londres (final do século XVIII) demonstra que, mesmo naquela época, o mercado imobiliário já interferia no processo de produção

⁹ Wilhelm (1976, p. 29) define qualidade de vida como “a sensação de bem-estar do indivíduo. Esta sensação depende de fatores objetivos e externos, assim como de fatores subjetivos e internos. O ambiente pode influir sobre ambas as categorias de fatores, mas com eficiência em momentos diversos.” Figueiredo (2001, p. 211) afirma que “a definição do tema qualidade de vida pode variar de indivíduo para indivíduo, com diferentes *status* de cultura e renda, em função da amplitude de elementos objetivos, subjetivos e coletivos envolvidos na questão”. Segundo Troppmair (1992, p. 13), “[...] qualidade de vida são os parâmetros físicos, químicos, biológicos, psíquicos e sociais que permitam o desenvolvimento harmonioso, pleno e digno da vida”.

da cidade. Para Herzog (2013, p. 41), essa atuação aparece explicitamente na valorização dos imóveis, o que motivou o Estado a assumir sua responsabilidade no ordenamento do uso e ocupação do território, ainda que de modo incipiente.

Regras construtivas municipais começaram a ordenar a ocupação urbana, mas apenas davam parâmetros básicos de afastamentos, sem interferir na utilização do espaço interno disponível. As ruas centrais passaram a concentrar diversas atividades, com a circulação de veículos e pedestres; comércio nos andares baixos; residências e escritórios nos andares mais altos. As condições ambientais, como ventilação, iluminação e maior privacidade (com espaços mais arejados e com menor promiscuidade), não melhoraram as áreas mais densas. A cidade se expandiu ainda mais. A classe mais abastada construíram mansões em amplas áreas ajardinadas. Aos menos privilegiados eram destinados imóveis pequenos, concentrados em edifícios. As fábricas foram deslocadas para os limites com o campo. (HERZOG, 2013, p. 41).

Como apresentado pela autora (HERZOG, 2013), essa intervenção do Estado no espaço urbano não foi suficiente para a melhoria das condições sociais de um percentual significativo da população, mesmo considerando as transformações ocorridas na paisagem urbana¹⁰ com a inserção de parques urbanos, o alargamento de ruas e plantio de árvores nos passeios públicos e jardins. No contexto arquitetônico, Herzog (2013, p. 41) destaca que na Inglaterra do Século XIX, os “edifícios mais antigos foram preservados” e que seu estilo arquitetônico serviu de modelo para as novas edificações, o que denotava a valorização do embelezamento do espaço urbano.

No final do século XIX, com a preocupação de amenizar os problemas ambientais, novas medidas foram adotadas. Nesse contexto, Herzog (2013, p. 42) evidencia o surgimento da “doutrina do higienismo”, com o “objetivo de melhorar a salubridade das cidades pós-liberais”, a partir da proposição de novas regras, com a clara função de “orientar as intervenções urbanas, as quais tiveram repercussão social, ambiental e econômica a longo prazo”. A autora (HERZOG, 2013) faz alguns

¹⁰ A paisagem urbana é definida para Santos (1989, p. 185) como: “O conjunto de aspectos materiais, através dos quais a cidade se apresenta aos nossos olhos, ao mesmo tempo como entidade concreta e como organismo vivo. Compreende os dados do presente e os do passado recente ou mais antigo, mas também compreende elementos inertes (patrimônio imobiliário) e elementos móveis (as pessoas e as mercadorias).” Para Carlos (2005, p. 36) “é a expressão da ‘ordem’ e do ‘caos’, está relacionada com do processo de produção do espaço urbano, colocando-se no nível do aparente ao imediato. O aspecto fenomênico coloca-se como elemento visível, como a dimensão do real que cabe intuir, enquanto representação de relações sociais que a sociedade cria em cada momento do seu processo de desenvolvimento. Conseqüentemente, essa forma apresentar-se-á como histórica, especificamente determinada, concreta”.

apontamentos esclarecedores referentes às ações urbanísticas difundidas nesse período, relacionadas ao início do emprego de técnicas de engenharia hidráulica voltadas à drenagem urbana.

Naquela época se acreditava que a causa das doenças e epidemias eram os “miasmas” ocasionados pela emanção de gases oriundos da falta de ventilação. Com isso, tiveram início grandes aberturas no tecido urbano, com demolição, alargamento de ruas para propiciar ventilação nas moradias e obras que visaram à eliminação de áreas úmidas e alagáveis, também dando fim aos dejetos que eram jogados nas vias públicas. Assim, os rios e demais corpos hídricos começaram a desaparecer da paisagem urbana, com canalização subterrânea ou não. Áreas de acomodação natural das águas das chuvas foram aterradas para dar lugar à incorporação imobiliária. A drenagem urbana subterrânea em galerias pluviais começou a ser feita para o escoamento rápido, o mais longe possível, sem preocupação com o que ocorreria à jusante (mais baixo, para onde as águas correm com maior velocidade e causam enchentes e outros impactos). (HERZOG, 2013, p. 42).

Certamente, as novas medidas urbanísticas adotadas tiveram a finalidade primordial de sanear, ou minimizar os efeitos nefastos decorrentes do processo de industrialização que atingia de modo contundente a classe proletária - a qual migrara do campo na expectativa de melhores condições de vida, mas que em razão da ausência de infraestrutura básica nas cidades, em intenso processo de crescimento industrial, era obrigada a viver amontoadas em áreas periféricas distantes, exposta a ambientes precários e insalubres, tendo em vista as elevadas taxas de crescimento demográfico verificadas nesse período em diversas cidades europeias. Na realidade esses aspectos evidenciam a crise emblemática das grandes cidades industrializadas, que por sua vez forja todo o processo de transformação promovido pela emergente classe burguesa fortalecida pelo sistema capitalista.

Nesse quadro, emergem os urbanistas que tentam buscar soluções para a denominada cidade liberal, como possíveis respostas às significativas mudanças sociais, econômicas e demográficas decorrentes da Revolução Industrial.

Para amenizar a situação da classe proletária que estava exposta a ambientes insalubres e degradados, Ebenezer Howard idealizou o modelo de

cidade-jardim¹¹. Herzog (2013) esclarece que o “conceito de cidade-jardim propunha um equilíbrio entre o campo e cidade”.

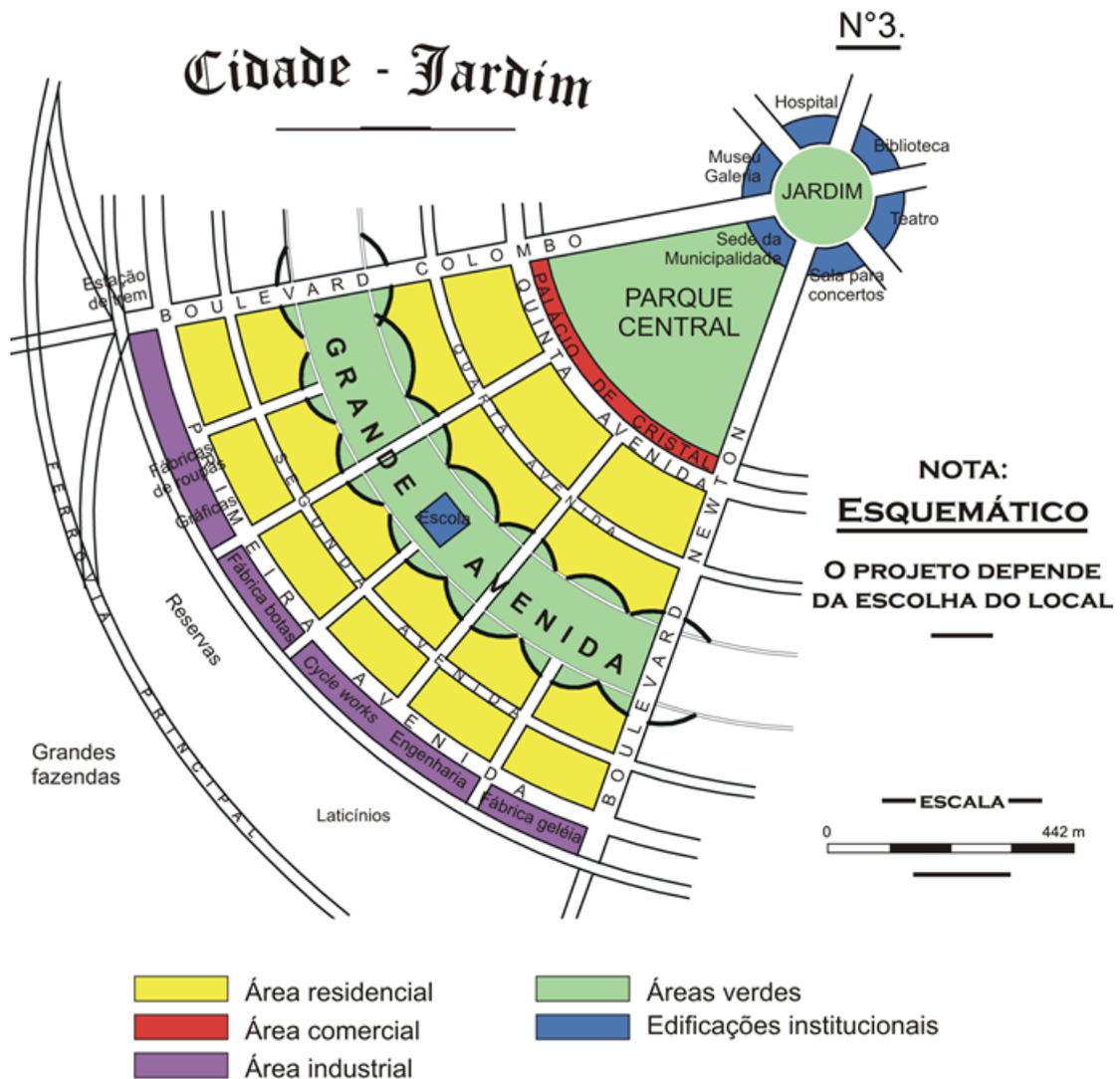
Howard (1996, p. 39; 113) com o objetivo de defender sua proposta, apresentou diversos aspectos baseados não somente em princípios ambientais (ecológicos), mas também procurou enfatizar as garantias de uma vivência mais igualitária, ao considerar que a Cidade-Jardim possibilitaria a formação de “um agrupamento humano equilibrado, usufruindo das vantagens do campo e da cidade, evitando as diferenças entre ambos”, pois teria ainda o compromisso de oferecer à “população operária trabalho com salários de poder aquisitivo superior e assegurar-lhes um ambiente mais agradável e uma oferta constante de empregos”, proporcionando desse modo, uma significativa elevação dos “padrões de conforto e saúde de todos” os trabalhadores (Figuras 01 e 02).

A Figura 01 apresenta a distribuição geral da Cidade-Jardim¹², conforme concebida por Ebenezer Howard (1996), a qual apresenta uma estrutura radial, com 6 (seis) grandes bulevares indo em direção ao centro, assim como, os primórdios da divisão de usos e da adoção de baixas densidades.

¹¹“Na segunda metade do século XIX, empresários instalaram fábricas com moradias em New Lamark, formando comunidades junto aos campos. O espaço da Cidade-Jardim foi projetado para 30.000 habitantes em uma área de aproximadamente 400 hectares e para 2.000 habitantes em terrenos agrícolas circundantes, que ocupavam 2.020 hectares. [...] É importante destacar que as ideias de Howard (1996) para a Cidade-Jardim compartilham de uma socialização do solo urbano, não se constituindo em propriedade do governo e não havendo gerência do mesmo. Ebenezer postulava ser necessário reduzir o Estado à Municipalidade, pois ele não acreditava na atuação do Estado Inglês derivado do pensamento liberal, como, também, não acreditava na atuação do Estado Socialista, controlando todas as atividades. [...] A primeira Cidade-Jardim é de 1902, conhecida como The Garden City Pioneer Company Ltd em Letchworth, a 56 Km de Londres. Sua área compreendia 505 hectares de área urbana e 1040 hectares de área rural, sendo que, após 1949, a área urbana aumentou para 1.138 hectares, abrigando 33.000 habitantes”. (PIRES, 2010, p. 80; 82)

¹²“Os diagramas mostram uma cidade circular dividida em 6 setores. Estes são delimitados por 6 bulevares arborizados com 36 metros de largura, que se irradiam no parque central e se estendem até o perímetro externo, circundado pela ferrovia que, após envolver a cidade, transforma-se em estrada de penetração no ambiente rural. Completam a estrutura viária da Cidade-Jardim, cinco avenidas, também arborizadas, concêntricas ao parque central. A terceira delas, a Grande avenida, possui largura de 128 metros por 4,8 Km de extensão e é proposta como um grande parque, lembrando a Avenue Foch de Paris com seus 120 metros de largura.” (HOWARD, 1996, p. 41)

Figura 02 – Detalhamento da Cidade-Jardim



*Interpretado a partir do diagrama original e do texto contido em Howard (1996, p. 114).
Autor: Renato Saboya (2008)
Obs.: Algumas indicações não estão legíveis no original e foram suprimidas.*

Fonte: HOWARD, 1996, p. 114.

Distrito e centro da Cidade-Jardim projetada por Ebenezer Howard (1996) demonstram uma seção esquemática, onde a partir do jardim central estão as edificações públicas, o parque central, o Palácio de Cristal, área residencial dividida em duas pela Grande Avenida, as indústrias e galpões e a via férrea¹⁴.

¹⁴Fonte: Howard (1996, p. 114). Disponível em: <<http://www.urbanidades.arq.br/bancodeimagens/>>. Acesso em: 13 jul. 2013.

Segundo Howard (1996, p. 50) a “cidade-jardim recupera o sistema de planejamento urbano orgânico, em oposição à cidade industrial”, explicitamente configurado no “desenho informal das ruas”, assim como as “casas formando blocos isolados entre si recuadas do alinhamento do terreno, com jardins fronteiriços, os passeios com gramas, arbustos e árvores”, permitindo o “convívio com a natureza, propiciando um ambiente agradável e acolhedor”.

Em razão dos valores sociais e higienistas integrantes da proposta de implementação da Cidade-Jardim, vários centros urbanos optaram pela adoção de planos e projetos que contemplavam a implantação de sistemas de espaços livres públicos, como destaca Galender (2005):

- Plano de sistemas de espaços livres para Boston (Emerald Necklace), desenvolvido Frederick Law Olmsted (1822-1903) como alternativa à inexistência de espaços livres na cidade que apresentava em sua morfologia um “conjunto de casas alinhadas e geminadas e de ruas em malhas ortogonais” (GALENDER, 2005, p. 02);
- Central Park, New York onde o arquiteto (Frederick Law Olmsted) defendia a idéia de que os “espaços livres (especialmente os parques)” deveriam ser considerados como um “elemento de integração social”, uma vez que “diferentes classes sociais poderiam conviver, criando um espaço gregário (para os grandes grupos) e de vizinhança (fomentando as relações familiares e de amizade)” (GALENDER, 2005, p. 02);
- Plano para Montevideu, denominado *Informe sobre el Proyecto de transformación y embellecimiento de la Ciudad de Montevideo (Uruguay)*, elaborado em 1891 pelo paisagista Edouard André (1840 - 1911), que propôs a implantação de espaços livres (parques e jardins públicos). Segundo Galender (2005, p. 03 e 04), na proposta elaborada por André, o plano apresentado contemplaria todas as “classes sociais e as possibilidades futuras de expansão urbana da capital uruguaia, a partir da correta análise do contexto bio-físico e da escala urbana previamente encontrada”.
- Charles Thays (1849-1934) projetou grandes espaços livres (jardins e parques) nas cidades de Buenos Aires, Montevideu e Santiago do Chile, visando “propiciar o encontro social, sobretudo das elites, em uma tentativa de tornar o espaço urbano cosmopolita”, ou seja, procurou equiparar as

ciudades da América do Sul a algumas das “principais metrópoles europeias” (GALENDER, 2005, p. 04).

- Plano urbanístico para a cidade de Buenos Aires, desenvolvido em 1907, pelo arquiteto Joseph Bouvard (1840-1920), foi estruturado em dois eixos básicos: os espaços verdes (praças e parques) e o sistema viário. A proposta contemplou grandes áreas verdes voltadas para práticas “esportivas e recreacionais, embutindo ideais higienistas (parques), que se constituiriam em espaços de referência, marco visual e descanso na malha urbana, no caso das praças” (GALENDER, 2005, p. 05);
- Oscar Prager (1876-1960) demonstrava uma preocupação com a infraestrutura urbana, para a qual considerava que o espaço público seria um elemento estruturador. Seus planos e projetos agregavam componentes “bio-geográficas - a estrutura”, que transcendiam “o tempo presente e a vitalidade do espaço, com a interação entre o tecido urbano e o espaço livre”. Dentre seus trabalhos, destaca-se o Plano Regional para Osorno (1930), rica província agrícola do sul chileno e posteriormente o Parque Providencia, em Santiago (1933), o Plano Comunal para San Miguel e Parque do Llano Subercaseaux (1936), Ladeira sul do cerro Santa Lucia, no centro de Santiago (1938); o Plano Regional Serena (1942-46) e o Parque Intercomunal Isabel Riquelme (GALENDER, 2005, p. 07).

No Brasil, destaca-se o projeto da cidade de Maringá/PR, de autoria do Engenheiro Jorge de Macedo Vieira, desenvolvido pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná e denominado Plano de Diretrizes Viárias Básicas (1979). Nesse projeto foram incorporados princípios formais da cidade-Jardim de Ebenezer Howard, os quais permitiram a conectividade de áreas verdes protegidas, através de um sistema de parques lineares (Figura 03).

Figura 03 – Ante-projeto da Cidade de Maringá/PR



Fonte: Projeto do Engenheiro Jorge de Macedo Vieira, disponível na Prefeitura do Município de Maringá/PR

Segundo Meneguetti (2007), explica que

Maringá foi concebida como parte importante de um empreendimento comercial de características únicas, cuja implantação em rede espelhava as 'cidades sociais' de Howard. Em seu projeto foram trazidos ainda os princípios formais da cidade-Jardim. A localização dada pela linha férrea, o posicionamento das principais praças em locais relevantes, sendo estas ligadas por um bulevar constituído em eixo monumental, e os edifícios públicos atuando como elementos estruturadores da imagem urbana, demarcada a prática usual da companhia colonizadora. [...] em Maringá o desenho da cidade mostra uma estrutura polinuclear, articulada numa hierarquia muito clara entre o elemento principal do plano e seus centros secundários: o traçado irregular na maior parte da cidade, obedecendo à morfologia do terreno, cede à regularidade e simetria do centro urbano. A delimitação dos dois bosques sobre os vales ao sul demonstrava o cuidado em proteger as nascentes sujeitas à erosão e preservar amostra da vegetação nativa. Posteriormente, a farta arborização das vias viria a completar o quadro propício à urbanização de qualidade. (MENEGUETTI, 2007, p. 192).

Conforme apresentado por Meneguetti (2007), o projeto original teve influência direta das ideias de cidade-jardim, apresentando uma estrutura ecológica capaz de abrigar os serviços ambientais no espaço urbano.

A partir do contexto apresentado, o verde urbano (áreas verdes públicas, parques, corredores verdes, áreas de preservação permanentes, florestas urbanas) pode ser considerado como um elemento estruturador da paisagem urbana.

1.2 Conceito de Infraestrutura Verde

Madureira (2012, p. 34), compreende que a infraestrutura do verde é *“um conceito abrangente, integrativo conceptual e espacialmente de outras abordagens aos espaços naturais (e.g. ‘greenbelt’, ‘greenway’, corredor ecológico ou estrutura ecológica)”*. Para Herzog (2010b, p. 04), a “infraestrutura verde é composta por redes multifuncionais de fragmentos permeáveis e vegetados, preferencialmente arborizados”, onde os mesmos são interconectados, o que permite a recomposição dos diversos elementos que integram o mosaico da paisagem. Hough (2001, p. 249) explica que a infraestrutura verde *“[...] the greenways, corridors, and natural areas that can become an organizing framework for urban form and future growth - a very different paradigm from conventional land-use planning.”*¹⁵

Franco (2010, p. 141) alerta quanto à problematização do conceito, ao apontar que Infraestrutura Verde “significa diferentes coisas dependendo do contexto no qual o termo é empregado”.

Hoje o termo ‘infraestrutura verde’ tornou-se freqüente em conservação e desenvolvimento do solo em todo o mundo. Porém o termo significa diferentes coisas dependendo do contexto no qual ele é empregado: pode ser desde o plantio de árvores que tragam benefícios ecológicos em áreas urbanas; para outros refere-se a estruturas de engenharia tais como manejo de enchentes ou tratamento de águas projetado para tornar-se ambientalmente amigável. No entanto infraestrutura verde pode ter um significado mais ambicioso e abrangente. (FRANCO, 2010, p. 141).

A autora (FRANCO, 2010, p. 143) considera que a infraestrutura verde é composta de “áreas urbanas permeáveis ou semi-permeáveis, plantadas ou não que ‘prestam serviços’ à cidade”, bem como “apresentam algum grau de manejo e gerenciamento público ou privado”. Neste sentido, Herzog (2013, p. 110) aponta que

¹⁵ “[...] Os caminhos verdes, corredores e as áreas naturais podem tornar-se uma estrutura organizacional para forma urbana e crescimento futuro – um paradigma muito diferente do planejamento do uso de solo convencional.” (HOUGH, 2001, p. 249 – Tradução nossa)

[...] a transformação – ou *retrofit*– de áreas impermeabilizadas que têm funções específicas (quase são monofuncionais) em áreas multifuncionais, que mantêm o equilíbrio dinâmico, sustentável e resiliente do ecossistema urbano, como a ‘renaturalização’ ou ‘desimpermeabilização’ das superfícies mineralizadas (concretos, asfalto, cimento, cerâmica, pedra, telhas, etc.). O objetivo é reintroduzir ou incrementar a biodiversidade urbana, para que seja possível ter seus serviços ecossistêmicos onde as pessoas vivem, circulam, trabalham e se divertem: nas cidades. (HERZOG, 2013, p. 110).

Por estas razões, HERZOG (2013, p. 111) esclarece que a “infraestrutura verde” é conhecida como “infraestrutura ecológica”, por estar “fundamentada nos conhecimentos da ecologia da paisagem e da ecologia urbana”, compreendendo a “cidade como um sistema socioecológico, por meio de uma visão holística, sistêmica”.

1.3 Princípios da Infraestrutura Verde

Para Benedict e McMahon (2002a) a infraestrutura verde é balizada por 7 (sete) princípios:

- ***Principle 1: Green infrastructure should function as the framework for conservation and development;***¹⁶

Nesse princípio a infraestrutura verde deve integrar os instrumentos de conservação, visando o planejamento dos espaços verdes, com o objetivo de minimizar os impactos adversos dos processos de desenvolvimento.

- ***Principle 2: Design and plan green infrastructure before development;***¹⁷

Este Princípio prevê a necessidade da elaboração de Projetos de Infraestrutura Verde antes que a cidade se desenvolva, ou seja, que o desenvolvimento já se dê segundo diretrizes definidas.

¹⁶“Princípio 1: A Infraestrutura verde deveria funcionar como a estrutura para conservação e desenvolvimento;”(BENEDICT; MCMAHON, 2002a – Tradução nossa)

¹⁷“Princípio 2: Desenhar e planejar a infraestrutura verde antes de desenvolver;”(BENEDICT; MCMAHON, 2002a – Tradução nossa)

- **Principle 3: Linkage is key;**¹⁸

O princípio 3 propõe que a infraestrutura verde seja um elemento de conectividade dos espaços, para que estes funcionem em rede, ou seja, adotando um sistema ecológico.

- **Principle 4: Green infrastructure functions across jurisdictions and at different scales;**¹⁹

Este princípio parte da idéia de que a infraestrutura verde pode ser usada para iniciativas de qualquer abrangência ou escala, incluindo:

- *Individual parcels of land or within single real estate developments;*
- *The community and regional scale, including park, recreation and other open-space projects;*
- *The landscape scale, encompassing statewide and national conservation and open space resources. (BENEDICT; MCMAHON, 2002a, p. 16)*²⁰.

- **Principle 5: Green infrastructure is grounded in sound science and land-use planning theories and practices;**²¹

Este princípio valoriza uma abordagem multidisciplinar, que contemple conhecimentos oriundos da biologia da conservação, ecologia da paisagem, planejamento urbano e regional, arquitetura da paisagem, geografia, engenharia civil, dentre outras, objetivando o de sistemas de infraestruturas verdes.

- **Principle 6: Green infrastructure is a critical public investment;**²²

Neste princípio, Benedict e McMahon (2002a) explicam que a viabilização da infraestrutura verde deve ser prevista no orçamento público, a exemplo das demais obras de infraestruturas convencionais.

¹⁸“Princípio 3: Sistema articulado é a chave;” (BENEDICT; MCMAHON, 2002a – Tradução nossa)

¹⁹“Princípio 4: Infraestrutura verde funciona através de jurisdições e em escalas diferentes;”(BENEDICT; MCMAHON, 2002a – Tradução nossa)

²⁰“Parcelas individuais de terra ou dentro de empreendimentos imobiliários; A comunidade e a escala regional, incluindo parque, recreação e outros projetos ao ar livre; A escala de paisagem, abrangendo um âmbito estadual e nacional de conservação e fontes de espaços abertos.” (BENEDICT; MCMAHON, 2002a – Tradução nossa)

²¹“Princípio 5: Infraestrutura verde é fundamentada na voz da ciência e nas teoria e práticas do uso da terra;”(BENEDICT; MCMAHON, 2002a – Tradução nossa)

²²“Princípio 6: Infraestrutura verde é um investimento público crítico;” (BENEDICT; MCMAHON, 2002a – Tradução nossa)

- ***Principle 7: Green infrastructure engages key partners and involves diverse stakeholders.***²³

O último princípio orienta o envolvimento organizações públicas e privadas para a implantação da infraestrutura verde.

Nesta corrente, Franco (2010) apresenta os princípios definidores da infraestrutura verde:

Conectividade – a infraestrutura verde delinea a força do seu foco em conectividade, entre espaços naturais e os parques e outros espaços abertos, entre as pessoas e os programas. A conservação biológica tem demonstrado que a conexão é essencial para os sistemas naturais desempenharem sua função genuína e para propiciar a vida selvagem. Assim, é de fundamental importância estabelecer a conexão entre os componentes dos ecossistemas – parques, áreas de preservação, áreas ripárias, áreas úmidas e outros espaços verdes - para que eles juntos possam manter valores e serviços dos sistemas naturais, tais como carregar e filtrar água da chuva, e manter a saúde e a diversidade das populações de vida selvagem. Dessa forma a infraestrutura verde pode ajudar a estabelecer prioridades na aquisição de terra que assegure conectividade adequada entre áreas já preservadas.

Contexto - o entendimento dos ecossistemas e da paisagem requer uma análise do contexto onde esses ecossistemas existem isto é a compreensão dos fatores físicos e biológicos das áreas de entorno.

Estrutura - a Infraestrutura verde pode funcionar como estrutura para a conservação e o desenvolvimento.

Comprometimento – a infraestrutura verde requer comprometimento de longo prazo por parte do governo e dos agentes sociais. (FRANCO, 2010, p. 142-142).

Os princípios elencados por Franco (2010) deveriam nortear o planejamento e desenho ambiental da cidade, transformando as funções do espaço urbano (de monofuncionais para multifuncionais) que segundo Herzog (2013, p. 111) “fazem parte de uma rede interligada de fragmentos vegetados ou permeáveis, conectados por corredores verdes e azuis, nos quais a biodiversidade” tem por finalidade essencial, “reestruturar o mosaico da paisagem em múltiplas escalas”. Para Pauleit *et al.* (2011, p. 272) a multifuncionalidade é a capacidade de combinar “diferentes funções ecológicas, sociais e econômicas quando possível”. Nesta corrente, Madureira (2013, p. 645) apresenta o “*princípio da multifuncionalidade*”, que é a “*capacidade de responder simultaneamente às múltiplas funções e benefícios atribuídos aos espaços naturais*”.

²³“Princípio 7: Infraestrutura verde engaja parcerias chave e envolve várias partes interessadas.” (BENEDICT; MCMAHON, 2002a – Tradução nossa)

1.4 Benefícios da Infraestrutura Verde

Benedict e McMahon (2002a) destacam que a infraestrutura verde promove a proteção e ajuda a restaurar os ecossistemas naturalmente.

Green infrastructure systems help protect and restore naturally functioning ecosystems by providing a framework for future development that fosters a diversity of ecological, social, and economic benefits. These include enriched habitat and biodiversity; maintenance of natural landscape processes; cleaner air and water; increased recreational opportunities; improved health; and better connection to nature and sense of place. (BENEDICT; MCMAHON, 2002a, p. 12)²⁴.

Considerando os apontamentos de Benedict e McMahon (2002a), Herzog e Rosa (2010, p. 101), listam os benefícios da infraestrutura verde no espaço urbano:

- promover a infiltração, detenção e retenção das águas das chuvas no local, evitando o escoamento superficial;
- filtrar as águas de escoamento superficial nos primeiros 10 minutos da chuva, provenientes de calçadas e vias pavimentadas contaminadas por resíduos de óleo, borracha de pneu e partículas de poluição;
- criar habitat e conectividade para a biodiversidade;
- amenizar as temperaturas internas em edificações e mitigar as ilhas de calor;
- promover a circulação de pedestres e bicicletas em ambientes sombreados, agradáveis e seguros;
- diminuir a velocidade dos veículos; conter encostas e margens de cursos d'água para evitar deslizamentos e assoreamento. (HERZOG; ROSA, 2010, p. 101 – Organização Nossa).

No âmbito da questão emerge a importância da conectividade que, para Madureira (2012, p. 34) constitui-se num elemento estratégico para conservação e manutenção do verde urbano. A partir da compreensão desse conceito para os processos de planejamento do uso do solo, a autora destaca que este componente foi

[...] amplamente estudado no domínio da ecologia da paisagem nas últimas décadas (e.g. Ahern 2003; Bennett 1999; Forman 1995; Hess e Fischer 2001; Opdam 2006), [...] uma das principais ameaças à biodiversidade é, para além da redução em número e em área dos habitats naturais, a sua

²⁴ “Sistemas de infraestrutura verde ajudam a proteger e restaurar naturalmente o funcionamento dos ecossistemas fornecendo uma estrutura para o desenvolvimento futuro que fomenta os benefícios da diversidade ecológica, social e econômica; a manutenção dos processos da paisagem natural; limpa o ar e água; aumenta as oportunidades de recreação; promove a saúde; e melhora a conexão com a natureza e o sentido de lugar.” (BENEDICT; MCMAHON, 2002a, p. 12 – Tradução nossa)

fragmentação por estruturas construídas. As traduções espaciais do conceito de conectividade, como corredores ecológicos ou estruturas ecológicas, têm servido de base a estratégias de planejamento do uso do solo crescentemente populares na Europa. (MADUREIRA, 2012, p. 36).

A conectividade, além de permitir ligações entre os elementos naturais presentes na cidade, pode ser compreendida como uma ferramenta de planejamento ambiental.

Segundo Ribeiro (2010, p. 36), a conectividade “integra a capacidade dos processos bióticos, dada por mecanismos internos capazes de absorver e resistir às mudanças, garantindo-lhes flexibilidade e perenidade”, respeitando os “princípios próprios dos ecossistemas naturais”, tais como: “mínima intervenção nos espaços da estrutura ecológica de sustentação; equilíbrio entre população e recursos; prevenção da diversidade; manutenção sistêmica”. Complementando essa abordagem a autora (MADUREIRA, 2012, p. 35) ainda explica que, essas estruturas verdes são utilizadas no ordenamento dos espaços abertos, sendo as mesmas aplicadas como tipologias de parques e jardins públicos.

Herzog e Rosa (2010, p. 111), também complementam a questão, ao enfatizarem que a infraestrutura verde ainda pode contribuir para a “adaptação de áreas urbanas para enfrentar ocorrências climáticas ao converter áreas monofuncionais que causam impactos ecológicos em elementos que mimetizam os processos naturais”.

Diante da relevância e da emergência de incorporar essa nova visão em processos de planejamento e gestão de áreas urbanizadas, Benedict e McMahon (2002a) são enfáticos ao afirmarem que os espaços verdes valorizam as propriedades e ajudam a diminuir os custos de infraestrutura e serviços públicos.

Green space also increases property values and can decrease the costs of public infrastructure and services such as, flood control, water treatment systems and storm water management. (BENEDICT; MCMAHON, 2002a, p. 12)²⁵.

²⁵ “O espaço verde aumenta também os valores das propriedades e pode diminuir o custo da infraestrutura pública, bem como serviços de controle de inundação, sistemas de tratamento de água e gerenciamento de águas pluviais.” (BENEDICT; MCMAHON, 2002^a, p. 12 – Tradução nossa).

Para justificar seus apontamentos, Benedict e McMahon (2002a) listam alguns dos benefícios que permitem a integração da infraestrutura verde no processo de ordenamento do território:

- *Recognizes and addresses the needs of people and nature;*
- *Provides a mechanism to balance environmental and economic factors;*
- *Provides a framework for integrating diverse natural resource and growth management activities in a holistic, ecosystem-based approach;*
- *Ensures that both green space and development are placed where they are most appropriate;*
- *Identifies vital ecological areas prior to development;*
- *Identifies opportunities for the restoration and enhancement of naturally functioning systems in urban areas;*
- *Provides a unifying vision for the future;*
- *Enables communities to create a system that is greater than the sum of its parts;*
- *Provides communities and developers with predictability and certainty; and*
- *Enables conservation and development to be planned cooperatively.* (BENEDICT; MCMAHON, 2002a, p. 15)²⁶.

1.5 Serviços Ambientais

A infraestrutura verde permite fazer uma (re)leitura da paisagem de forma holística, considerando a dinâmica da natureza no ambiente urbano. Herzog (2010b) destaca que

As atividades humanas acontecem na paisagem onde ocorrem os processos e fluxos naturais abióticos (geológicos e hidrológicos) e bióticos (biológicos). A urbanização tradicional é baseada na infraestrutura cinza monofuncional, focada no automóvel: ruas visam a circulação de veículos; sistemas de esgotamento sanitário e drenagem objetivam se livrar da água e do esgoto o mais rápido possível; telhados servem apenas para proteger edificações e estacionamentos asfaltados [...]. A infraestrutura cinza interfere e bloqueia as dinâmicas naturais; além de ocasionar

²⁶ “Reconhece e direciona as necessidades das pessoas e da natureza; Proporciona um mecanismo para o equilíbrio ambiental e fatores econômicos; Proporciona uma estrutura para integração da diversidade de fontes naturais e atividades de gerenciamento de crescimento em uma abordagem holística, baseada em ecossistema; Garante que ambos os espaços verdes e desenvolvimento estejam onde serão mais apropriados; Identifica áreas ecológicas vitais antes do desenvolvimento; Identifica oportunidades para a restauração e aprimoramento dos sistemas de funcionamento naturais em áreas urbanas; Proporciona uma visão unificada para o futuro; Habilita comunidades a criar um sistema que seja maior do que a soma de suas partes; Proporciona às comunidades e desenvolvedores previsibilidade e certeza; e, habilita a conservação e desenvolvimento para ser planejado cooperativamente.” (BENEDICT; MCMAHON, 2002^a, p. 15 – Tradução nossa)

conseqüências como inundações/deslizamentos, suprime áreas naturais alagadas/alagáveis e florestadas que prestam serviços ecológicos insubstituíveis em áreas urbanas. (HERZOG, 2010b, p.04).

Como exemplo, Silva Filho e Tosetti (2010) destacam que

A infraestrutura verde na forma de arborização das vias públicas, áreas verdes e parques urbanos [...], proporciona diversos serviços ambientais muitas vezes não percebidos no cotidiano dos moradores, tais como a diminuição das ilhas de calor, de poluição atmosférica e sonora, de danos aos asfaltos por aquecimento e dilatação e da amplitude térmica. A oportunidade de viver próximo às áreas verdes também proporciona uma melhoria na saúde, diminuindo os índices de doenças respiratórias e obesidade. (SILVA FILHO; TOSETTI, 2010, p. 13).

Diante das proposituras de Silva Filho e Tosetti (2010), Herzog e Rosa (2010) salientam que as “árvores, essenciais na infraestrutura verde, têm funções ecológicas insubstituíveis”, como:

- contribuir significativamente para prevenir erosão e assoreamento de corpos d’água;
- promover a infiltração das águas das chuvas, reduzindo o impacto das gotas que compactam o solo;
- capturar gases de efeito estufa;
- ser habitat para diversas espécies promovendo a biodiversidade, mitigar efeitos de ilhas de calor, para citar algumas. (HERZOG; ROSA, 2010, p. 97, *organização nossa*).

No mesmo enfoque, Franco (2010) apresenta apontamentos relevantes com o intuito de evidenciar os benefícios possíveis em espaços urbanos contemplados por infraestrutura verde, que possibilitam a eficácia dos serviços ambientais²⁷ na melhoria da qualidade ambiental em cidades:

- 1- Melhora da qualidade do ar promovendo a saúde humana;
- 2- Seqüestro de carbono da atmosfera;
- 3- Amortização do balanço climático entre temperaturas baixas e altas no microclima urbano entre dia-noite e as estações do ano;

²⁷ “Os serviços ambientais mais comumente mencionados na literatura são divididos em três grupos: (i) os relacionados com o clima, (ii) os relacionados com os recursos hídricos, e (iii) os relacionados com a biodiversidade. Os relacionados com o clima são o seqüestro dos gases do efeito estufa e o controle da umidade, temperatura, precipitação e ventos. Já os relacionados com os recursos hídricos são: a regulação de seu fluxo; a manutenção de sua qualidade; o controle de erosão e sedimentação; a redução da salinidade da água; a manutenção do habitat aquático; e os serviços culturais (recreação). Por fim, os serviços relacionados com a biodiversidade são: a atração de fauna; a diversificação de culturas; a conectividade de blocos florestais (corredores biológicos); os serviços culturais (recreação, turismo e valores de existência); a manutenção da qualidade do solo; e a bioprospecção” (GELUDA, L.; YOUNG, C. E. F., 2005, p. 573).

- 4- Proteção, conservação e recuperação da biodiversidade da flora e fauna na área urbana;
- 5- Contenção da erosão;
- 6- Promoção de atividades contemplativas, esportivas e de lazer;
- 7- Promoção da importância da paisagem como fator determinante da estética urbana;
- 8- Incremento do fator permeabilidade do solo urbano permitindo a percolação da água e, portanto, a redução de enchentes;
- 9- Articulação e conectividade entre espaços verdes;
- 10- Promoção da segurança urbana;
- 11- Proteção de áreas de fragilidade ecológica;
- 12- Promoção de áreas de alto valor imagético, icônico e de identidade de lugares e sítios urbanos. (FRANCO, 2010, p. 143-144).

Imbuídos dos mesmos propósitos, Dobbert, Tosetti e Viana (2010, p. 32) defendem a implantação da infraestrutura verde no espaço urbano, com o objetivo de favorecer a conectividade dos “espaços naturais em redes capazes de desempenhar serviços ambientais e maximizar a qualidade ambiental”.

Bem planejada, implementada e monitorada a infraestrutura verde pode se constituir no suporte para a resiliência das cidades. Pode ser um meio de adaptar e regenerar o tecido urbano de modo a torná-lo resiliente aos impactos causados pelas mudanças climáticas e também preparar para uma economia de baixo carbono.

Aumenta a capacidade de resposta e recuperação a eventos climáticos, propicia mudança das fontes de energias poluentes ou de alto custo para fontes renováveis, promove a produção de alimentos perto da fonte consumidora, além de melhorar a saúde de seus habitantes [...]. (HERZOG, 2010b, p.05).

Conforme elucidou Herzog (2010b), a infraestrutura verde pode ser considerada um instrumento de resiliência, favorecendo assim, o enfrentamento dos problemas ambientais presentes no espaço urbano, valorizando os sistemas naturais e fortalecendo as relações sociedade↔natureza.

A autora (HERZOG, 2013, 79) lembra que a “resiliência é a capacidade de um sistema absorver impactos e manter suas funções ou propósitos, isto é, sobreviver ou persistir em ambiente com variações, incertezas” e complementa:

Pensar de forma sistêmica permite ter um ‘pensamento resiliente’. As cidades são sistemas socioecológicos, com complexos ciclos adaptativos. [...] Para que haja resiliência, é necessário que ele tenha diversas alternativas ou redundâncias, isto é, que possa sofrer uma grande perturbação e tenha como restaurar suas funções ou propósitos, passando pelos ciclos adaptativos, sem mudar de patamar. Isso não quer dizer que

haja uma estabilidade estática que pode ser medida e avaliada ao longo do tempo. (HERZOG, 2013, 79).

Como propositura a construção de uma cidade resiliente, Cormier e Pellegrino (2008, p. 128) explicam que a infraestrutura verde permite “sistemas naturais” ofereçam “valiosos serviços ecológicos para as cidades: o abastecimento de água, o tratamento das águas pluviais, a melhoria do microclima, o seqüestro de carbono, etc”.

Por essa mesma lógica, Herzog (2010b) afirma que

[...] infraestrutura verde irá garantir a manutenção dos serviços ecossistêmicos [...], como água e ar limpos, estabilização de encostas de forma natural, prevenção de enchentes e deslizamentos, conexão de fluxos hídricos e bióticos, prevenção de assoreamento entre outros. (HERZOG, 2010b, p.05).

Entretanto, Herzog e Rosa (2010, p. 04) explicam que a conectividade “é fundamental para os fluxos de água, biodiversidade e pessoas” e que a infraestrutura verde ajuda neste processo, pois atua como um elemento estruturador da paisagem, além de proporcionar as funções naturais do ambiente necessárias para conservar e restaurar áreas ecológicas relevantes.

1.6 Planejamento da Infraestrutura Verde

Os estudos realizados por Benedict e McMahon (2002b), revelam que países desenvolvidos, como os Estados Unidos, os órgãos governamentais (esfera local e estadual) estão aderindo ao planejamento da infraestrutura verde.

However, in recent years, there has been a dramatic shift in the way government officials think about green space and a growing awareness among local and state governments of the need to plan for green infrastructure. (BENEDICT; MCMAHON, 2002b, p. 15)²⁸.

²⁸“Entretanto, nos últimos anos, tem havido uma mudança dramática na forma de pensar dos oficiais do governo a respeito dos espaços verdes e uma consciência crescente entre governos locais e estaduais sobre a necessidade de planejar a infraestrutura verde.” (BENEDICT; MCMAHON, 2002b, p. 15 - Tradução Nossa)

Todavia, mesmo com essa tendência no uso das infraestruturas verdes nos espaços, Walmsley (2006) explica que esses espaços verdes devem ser planejados e projetados com observância aos critérios técnicos.

Like the other infrastructures, green infrastructure has to be planned and designed; it requires the same kinds of considered decision-making and prior investment, and it is best undertaken in advance of development. It should be the first step in the land-use planning and design process. (WALMSLEY, 2006, p. 264)²⁹.

Cormier e Pellegrino (2008, p. 139) complementam Walmsley (2006) explicando que “os projetos de infraestrutura verde podem ser os trabalhos mais duradouros de nosso tempo, se pudermos conectá-los às pessoas”.

O planejamento de uma infraestrutura verde propicia a integração da natureza na cidade, de modo a que venha ser mais sustentável. Favorece também a mitigação de impactos ambientais e a adaptação para enfrentar os problemas causados pelas alterações climáticas, como por exemplo: chuvas mais intensas e frequentes, aumento das temperaturas (ilhas de calor), desertificação, perda de biodiversidade, só para citar alguns. (HERZOG, 2010b, p.04).

Desta forma, a infraestrutura verde além de permitir a inserção e valorização da natureza no ambiente urbano, contribui para qualidade ambiental nas cidades contemporâneas, uma vez que abrange:

- *Increasing recognition of the problems associated with urban sprawl and landscape fragmentation, particularly on the fringe of major metropolitan areas;*
- *Federal water quality mandates;*
- *Endangered species protection, particularly the emphasis on habitat conservation plans that protect multiple species and link isolated preserves;*
- *Public health concerns, including obesity, that have resulted from inactive lifestyles;*
- *An increase in the marketability and resale value of homes near protected green space, such as parks and greenways;*
- *Urban revitalization, emphasizing the value of natural areas within the city;*
- *Smart growth policies and programs at the state, regional and community levels;*
- *Development practices designed to promote environmental, social and economic sustainability. (BENEDICT; MCMAHON, 2002b, p. 15)³⁰.*

²⁹ "Tal como em outras infraestruturas, a infraestrutura verde tem que ser planejada e projetada; isso requer os mesmos tipos de tomadas de decisão e investimentos prévios, e é o melhor empreendimento no avanço do desenvolvimento. Deveria ser o primeiro passo no planejamento do uso do solo e no processo de projeto." (WALMSLEY 2006, p. 264 - Tradução nossa).

³⁰ "Aumento do reconhecimento dos problemas associados com expansão urbana e fragmentação da paisagem, particularmente na periferia das principais áreas metropolitanas; Mandatos federais de qualidade da água; Proteção às espécies em extinção, particularmente a ênfase em planos de

Considerando as proposituras de Benedict e McMahon (2002b), Herzog (2010b, p. 05) explica que planejamento urbano e a elaboração de projetos que contemplem as tipologias da infraestrutura verde “sejam de fato eficientes e eficazes, é preciso ter uma abordagem sistêmica, abrangente e transdisciplinar”, é necessário a adotar alguns procedimentos técnicos, como:

Depende de um levantamento detalhado dos aspectos abióticos, bióticos e culturais. Inicialmente é preciso fazer um mapeamento dos condicionantes geológicos, geomorfológicos, hídricos (de preferência ter a bacia hidrográfica como unidade de macroplanejamento), climáticos, cobertura vegetal, uso e ocupação do solo.

Também é importante conhecer a biodiversidade local. Levantar dados e mapas históricos de uso e ocupação do solo, de hábitos e da cultura local. Conhecer mais profundamente o lugar. O processo deve ser dinâmico e flexível, além de efetivamente participativo, contando com representantes de todos os segmentos da sociedade que serão afetados pelo projeto. É necessário identificar os anseios e problemas trazidos pela comunidade, em busca de novas idéias, fruto da vivência e experiência do lugar. Esse engajamento dos usuários no desenvolvimento do planejamento e projeto é essencial para que a infraestrutura verde seja sustentável no longo prazo. O diagnóstico irá indicar quais as oportunidades e as limitações da área. (HERZOG, 2010b, p.05).

Herzog (2010b, p. 04) entende que é de extrema importância que a infraestrutura verde contemple “intervenções de baixo impacto na paisagem e alto desempenho, com espaços multifuncionais e flexíveis, que possam exercer diferentes funções ao longo do tempo - adaptável às necessidades futuras”.

conservação de habitat que protegem múltiplas espécies e conectam aquelas isoladas; Preocupações com saúde pública, incluindo obesidade, resultantes de estilos de vida inativos; Um aumento na comercialização e valor de revenda de casas próximas aos espaços de proteção verde, bem como parques e vias verdes; Revitalização urbana, enfatizando o valor de áreas naturais dentro da cidade; Programas de políticas de crescimento inteligente em níveis estaduais, regionais comunitários; Práticas de desenvolvimento desenhadas para promover sustentabilidade ambiental, social e econômica.” (BENEDICT; MCMAHON, 2002b, p. 15 – Tradução nossa)

DRENAGEM URBANA

2 DRENAGEM URBANA

De acordo com o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Censo 2010, aproximadamente 84% (oitenta e quatro por cento) da população brasileira vive em áreas urbanas. Para abrigar esse contingente populacional, cidades são produzidas em ritmo cada vez mais acelerado, desconsiderando quase sempre as normas urbanísticas vigentes, ficando à mercê dos interesses ditados pelas leis de mercado, que se faz presente, incontestavelmente, no modelo de produção de nossas cidades, seja por meio da verticalização intensa ou pela expansão desordenada das cidades no país.

O que se assiste como resultado, é o surgimento de uma diversidade de problemas, sobretudo aqueles de natureza socioambiental, tais como: a ocupação de áreas de riscos (Áreas de Preservação Permanente - APPs, áreas com declividades acentuadas e sujeitas a deslizamentos, encostas, etc.), carência de serviços públicos, infraestrutura e mobiliário urbano, ausência/deficiência de saneamento básico, comprometimento do sistema de drenagem, estrangulamento do sistema tráfego, poluição, contaminação de mananciais, deposição irregular de resíduos sólidos, entre outros.

Dentre os graves exemplos citados, é comum serem noticiados nos meios de comunicação, situações em que episódios envolvem a ocorrência de uma precipitação mais expressiva, levando a deslizamentos, inclusive, com soterramento de edificações e pessoas, como também o comprometimento dos sistemas de drenagem pluvial urbana, criando pontos de inundação, causando prejuízos materiais, além de eventuais sinistros mais graves, representados por perdas humanas.

Entretanto, o que não é levado a conhecimento da população, é que esse fenômeno se dá em razão do intenso adensamento urbano aliado à infraestrutura precária e deficitária, agravada pelo uso de técnicas de engenharia hidráulica obsoletas, além de instrumentos de controle de ordenamento do solo ineficientes, decorrentes de falta de capacitação técnica em administrações municipais, da falta de continuidade dos projetos nas diferentes gestões e de interesses políticos e econômicos cujos objetivos nem sempre consideram aspectos técnicos em suas decisões. Neste contexto, é preciso admitir com muita clareza, a ocorrência

sistemática de equívocos decorrentes de anos de má gestão dos recursos públicos, em parte das cidades brasileiras, ao longo de suas histórias.

Para solucionar e/ou minimizar tais problemas são feitos investimentos nos setores de saneamento, transporte, energia, recursos hídricos e habitação, o que para diversos especialistas no assunto é compreensível - tendo em vista a abrangência da cadeia produtiva relacionada a obras de infraestrutura e construção de moradias.

No âmbito da questão, torna-se importante, analisar de forma integrada todo o contexto, nos mais diversos aspectos, inclusive no âmbito legal, o qual prevê que um novo empreendimento apresente uma infraestrutura básica em conformidade com o que estabelece o § 5º, do art. 2º, da Lei Federal 6.766/1979.

§ 5º. A infra-estrutura básica dos parcelamentos é constituída pelos equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar e vias de circulação.

Apesar da previsão legal, outro aspecto importante a ser considerado no tratamento dessa questão refere-se ao preço da terra urbana, como justificativa para implantação de muitos empreendimentos em áreas alagadiças ou sujeitas a inundações, em que tem que ser providenciado o escoamento das águas pluviais. Entretanto, em alguns casos o sistema de drenagem urbana é subdimensionado, uma vez que seus planejadores ignoram o histórico de precipitação pluviométrica, bem como o tempo de retorno das maiores chuvas.

Esse quadro pode ser verificado ao se analisar ou mesmo, realizar um olhar mais atento para a forma urbana, as tipologias adotadas, e notadamente sobre a infraestrutura, particularmente aquela relacionada ao sistema de drenagem urbana, em que os fundos de vale, as áreas de expressivo valor ambiental, são desconsiderados nos mais diversos mecanismos implantados em obras voltadas a solucionar e/ou mitigar os problemas decorrentes do processo de urbanização.

Segundo Botelho (2011), um dos “maiores problemas enfrentados pelas cidades brasileiras hoje é a ocorrência de inundações e enchentes”, visto que esses eventos “têm causado grandes prejuízos financeiros e até mesmo perdas de vidas humanas, seja por efeitos imediatos, como afogamentos”, ou ainda, “indiretos, como

doenças infectocontagiosas decorrentes do contato com águas contaminadas” (BOTELHO, 2011, 82).

Com a finalidade de complementar a abordagem, dentre os fatores que contribuem para o comprometimento dos sistemas de drenagem, além da impermeabilização do solo urbano, destaca-se que o “desmatamento e a substituição da cobertura vegetal natural são fatores modificadores que em muitas situações”, não apenas alteram, como também “resultam simultaneamente em redução de tempos de concentração e em aumento do volume de escoamento superficial, causando extravasamento de cursos d’água” (POMPÊO, 2000, p. 16).

No que se refere aos problemas de drenagem urbana³¹, Tucci (1998) é categórico ao afirmar que os mesmos são oriundos da alta impermeabilidade do solo urbano, ineficiência do sistema de drenagem, da retirada da cobertura vegetal, assim como da quantidade de sedimentos de ordens diversas (antrópicos, exemplos do resíduos sólidos) conduzidos pelas águas pluviais, entre outros. Deste modo, Pompêo (2000) defende que,

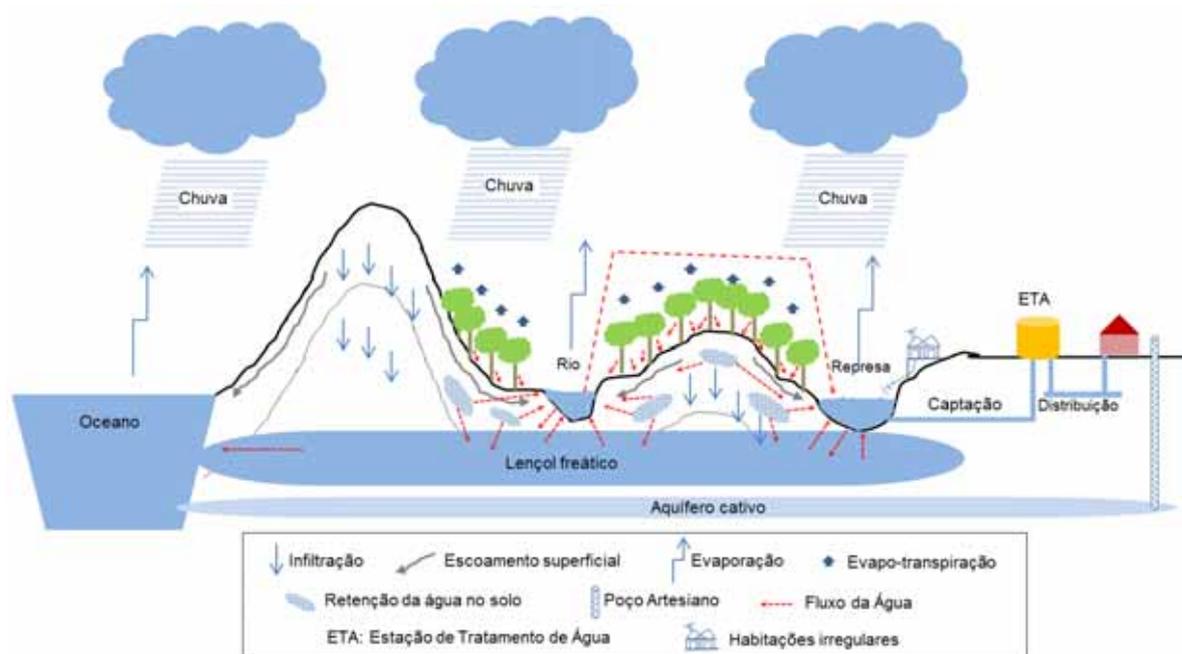
As enchentes provocadas pela urbanização devem-se a diversos fatores, dentre os quais destacamos o excessivo parcelamento do solo e a conseqüente impermeabilização das grandes superfícies, a ocupação de áreas ribeirinhas tais como várzeas, área de inundação frequente e zonas alagadiças, a obstrução de canalizações por detritos e sedimentos e também as obras de drenagem inadequadas. (POMPÊO, 2000, p. 16).

Diante da relevância das considerações apresentadas por Pompêo (2000), deve-se considerar o ciclo hidrológico (Figura 04) como um fenômeno de origem meteorológica com complexidades intensas, com enorme variabilidade temporal e espacial e que se configura como um sistema natural³².

³¹ A Lei Federal nº 11.445/2007, marco legal do saneamento básico brasileiro, estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e para a Política Federal de Saneamento Básico, que introduziu formalmente o termo em seu Art. 3, Inciso I, alínea d, considerando “drenagem e manejo de águas pluviais urbanas o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e destinação final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas” (BRASIL, 2007, p. 3).

³² “Sistema natural: O sistema natural é formado pelo conjunto de elementos físicos, químicos e biológicos que caracterizam o sistema natural da bacia hidrográfica e os recursos hídricos formado pelos rios, lagos e oceanos” (TUCCI, 2005a, p.175).

Figura 04 - Ciclo Hidrológico



Fonte: Elaborado pelo Eng^o Ricardo Ribeiro. Disponível em: http://www.ecomvoce.com.br/Figuras/ciclo_hidrologico_pagina.jpg.png. Acesso em 04 abr 2015.

Segundo Mota (2003), o intenso processo de urbanização tem provocado alterações no ciclo hidrológico dos assentamentos humanos como: aumento da precipitação; redução da evapotranspiração, por redução da vegetação; aumento do escoamento superficial; redução da infiltração da água pela impermeabilização e compactação do solo; alterações no nível do lençol freático; maior erosão do solo e consequente aumento do processo de assoreamento, aumento da ocorrência de enchentes; e poluição de águas superficiais e subterrâneas. Segundo o IBGE (2011) tais efeitos podem ser “potencializados quando as áreas urbanas ocupam terrenos de alta declividade, vales de rios encaixados³³ ou se expandem por áreas sujeitas a inundações”.

Complementando, Tucci (2007) explica que as alterações do ciclo hidrológico das áreas urbanizadas afetam diretamente a dinâmica fluvial da bacia hidrográfica, a exemplo da dispersão de energia pelo sistema de drenagem urbana.

³³ Segundo Justus *et al.* (1986) e Kaul (1990), rios encaixados são aqueles que tem sua nascentes encravadas e acompanham o sistema de falhamento da bacia hidrográfica.

Em razão da alteração do ciclo hidrológico, aliada à falta de infraestrutura adequada e de um efetivo ordenamento de solo urbano, várias cidades brasileiras têm enfrentado o dilema das inundações e enchentes urbanas, que vêm colocando em xeque os atuais modelos de políticas urbanas de uso e ocupação do solo, principalmente as habitacionais e ambientais.

Neste sentido, Silva (2011, p. 57) esclarece que as “modificações executadas na paisagem para a implantação de cidades” tem afetado “diretamente a dinâmica hidrológica, alterando os caminhos por onde a água circula”. A “retirada da cobertura vegetal produz alterações drásticas no ciclo hidrológico, capazes de provocar grandes danos nas áreas urbanas”, como, “processos erosivos, movimentos de massa e inundações respondem por parte dos danos ambientais em áreas urbanas”.

Botelho e Silva (2007) apontam que as “principais alterações no ciclo hidrológico” são oriundas da “ocupação do espaço urbano, destacando a impermeabilização do terreno, através das edificações e da pavimentação das vias de circulação” (*apud* SILVA, 2011, p. 57) (Figuras 05 e 06).

Figura 05 - Balanço Hídrico num Espaço Natural



Fonte: SCHUELER, 1987 *apud* TUCCI, 2002, p.476.

Figura 06 - Balanço Hídrico num Espaço Antropizado

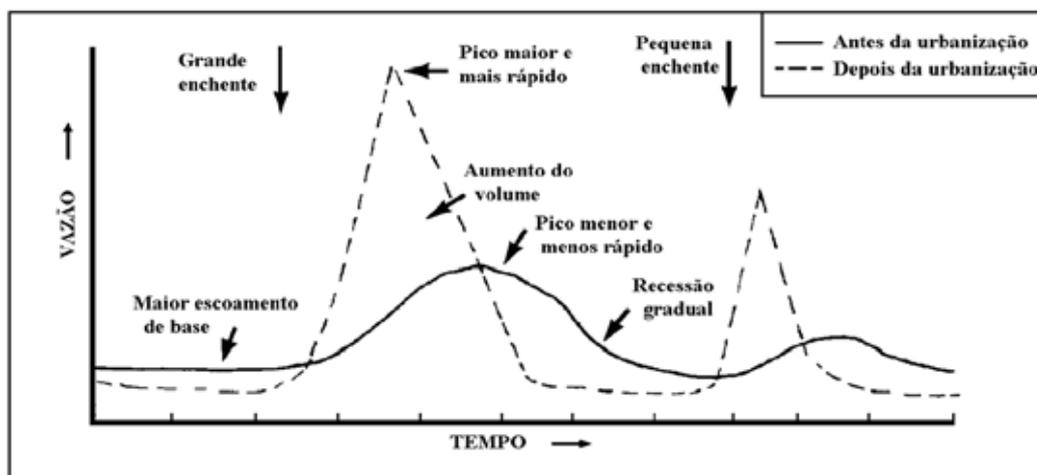


Fonte: SCHUELER, 1987 *apud* TUCCI, 2002, p.476.

Em conformidade com as figuras ilustradas (Figuras 07 e 08) por Schueler (1987 *apud* TUCCI, 2002), os impactos da urbanização alteram significativamente o sistema natural do ciclo hidrológico. Para Gonçalves e Guerra (2005), o espaço

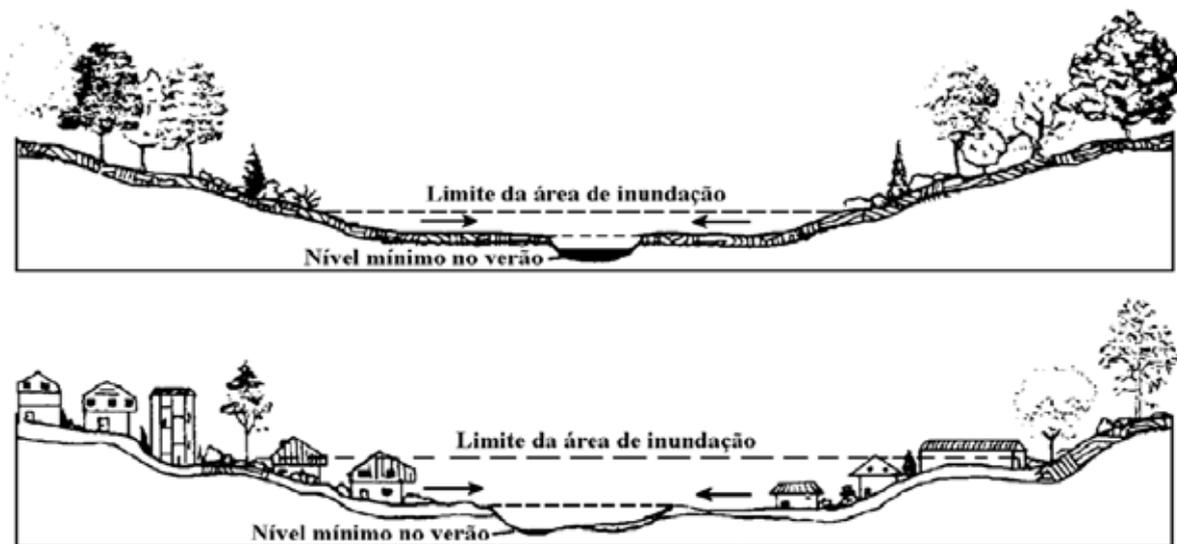
[...] é resultado de drásticas transformações antrópicas sobre o meio físico ao longo dos anos. Inúmeros pesquisadores tornaram-no seu objeto de estudo em função dos impactos a que estão submetidos. Assim, busca-se de forma integrada determinar variáveis, avaliar, diagnosticar, compreender e prever os efeitos da ocupação humana sobre o meio físico, assim como sua dinâmica temporal. (GONÇALVES; GUERRA, 2005, p. 189).

Figura 07 - Variação Temporal da Vazão de Escoamento segundo o Grau de Urbanização



Fonte: SCHUELER, 1987 *apud* TUCCI, 2002, p.476.

Figura 08 - Resposta da Geometria do Escoamento



Fonte: SCHUELER, 1987 *apud* TUCCI, 2002, p.476.

Os autores (GONÇALVES; GUERRA, 2005, p. 189) defendem que as “áreas urbanas”, a partir de sua ocupação e concentração humanas “intensas e muitas vezes desordenadas, tornam-se locais sensíveis às gradativas transformações antrópicas”, que podem ser agravadas na medida em que “se intensificam em frequência e intensidade o desmatamento, a ocupação irregular, a erosão e o assoreamento dos canais fluviais, entre outras coisas”. Nesta mesma linha de pensamento, Viera e Cunha (2005) explicam que a ocupação e uso do solo urbano afetam o ciclo hidrológico, através de processos que se dão em três fases:

[...] a primeira corresponde à transformação do pré-urbano para o urbano inicial, em que ocorrem a remoção de árvores, da vegetação e a construção de casas, aumentando a vazão e a sedimentação, e a construção de tanques sépticos e drenagem para o esgoto, aumentando a umidade do solo e a contaminação. A segunda engloba a construção de muitas casas, edifícios, comércio, calçamento das ruas, acarretando diminuição na infiltração e aumento do escoamento superficial. Nessa fase ocorre falta de tratamento de lixo e esgoto, ocasionando poluição nas águas. Na última fase, que corresponde ao urbano avançado, ocorrem muitas edificações residenciais e públicas, instalação de indústrias, acarretando aumento do escoamento superficial, vazão, pico de enchentes. (VIEIRA; CUNHA, 2005, p.131-132).

Diante desta problemática, cabe citar Santos (2004) que afirma que a cidade pode ser considerada como a segunda natureza³⁴, uma natureza humanizada ou artificial. Frente a esta afirmação, Francisco (2008, p. 183) defende que a “natureza segunda é produto e consequência da desconstrução da primeira”. Desta forma, deve-se considerar que a cidade, enquanto ambiente artificial é produto e condição da dinâmica sócio espacial.

Swyngedouw (2001, p. 84) afirma que a cidade, a sociedade e a natureza, são partes “inseparáveis, mutuamente integradas, infinitamente ligadas e simultâneas, responsáveis pelas contradições, tensões e conflitos”.

Neste contexto, é importante que as medidas necessárias para o enfrentamento dos problemas relacionados à drenagem urbana sejam planejadas/elaboradas, de modo a considerar as características físicas de cada localidade.

Entretanto, é comum verificar que em muitas cidades do país há ausência ou deficiência nos processos de planejamento e gestão urbana, em razão do parcelamento inadequado do solo que não leva em consideração as particularidades existentes no território; do não respeito à necessidade de implantação e manutenção de áreas verdes, do emprego de soluções que envolvem intervenções estruturais que alteram de maneira intensa as características físicas e os sistemas ambientais existentes. Dentre elas pode-se citar a retificação, a canalização fechada de cursos d’água, e ainda a impermeabilização de APPs.

Cabe destacar também, o uso de estruturas de concreto que, nem sempre são dimensionadas considerando-se a impermeabilização futura das áreas a serem drenadas, a impermeabilização cada vez maior, implicando no prejuízo dos processos de infiltração e contribuindo para o aumento significativo do escoamento superficial.

Frente aos enfoques apresentados pelos diversos autores, é possível dizer que, qualquer que seja a escala de urbanização, esta irá produzir impactos no ciclo hidrológico, interferindo diretamente na dinâmica da natureza e consequentemente no equilíbrio dos ecossistemas urbanos. Assim, torna-se fundamental a

³⁴ “[...] há sempre uma primeira natureza prestes a se transformar em segunda; uma depende da outra, porque a natureza segunda não se realiza sem as condições da natureza primeira e a natureza primeira é sempre incompleta e não perfaz sem que a natureza segunda se realize. Este é o princípio da dialética do espaço” (SANTOS, 2004, p. 214).

revisão/superação de técnicas ultrapassadas ancoradas em conceitos higienistas, que nortearam por muito tempo a elaboração de processos de planejamento e gestão dedicados à problemática dos sistemas de drenagem em muitas cidades brasileiras.

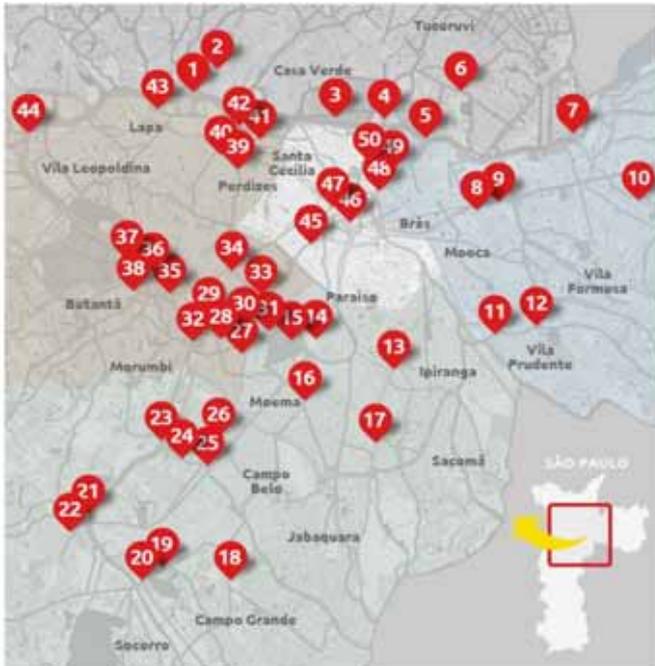
Assim, resgatando os diversos aspectos relacionados à questão da drenagem urbana, temática tão recorrente na contemporaneidade, faz-se necessário considerar os elementos artificiais produzidos pelo homem, que afetam o meio urbano, dentre eles as,

[...] edificações, pavimentações, canalização e retificação de rios, entre outros, que acabam por reduzir drasticamente a infiltração e favorecem o escoamento das águas, gerando o aumento da magnitude e da frequência das enchentes nessas áreas. (BOTELHO, 2011, p. 72-73).

2.1 Chuva nas Cidades

Basta começar o período de chuvas, para que a população assentada em fundos de vales ou encostas, entre em estado de alerta para o enfrentamento de enchentes, inundações, alagamentos e/ou ainda, deslizamentos. No caso especial referente às enchentes, inundações e alagamentos, essas se analisadas no contexto urbano, não são decorrentes somente dos condicionantes geomorfológicos e topográficos do sítio urbano para sua ocorrência mas também, à intensa impermeabilização do solo urbano, a exemplo da cidade de São Paulo (Figura 09 e 10).

Figura 09 – Mapeamento dos Principais Pontos de Alagamentos de Vias em São Paulo, Realizado pelo Centro de Gerenciamento de Emergências e a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET).



Pontos de Alagamento em São Paulo

A cidade de São Paulo possui 50 pontos de enchentes, de acordo com o Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE). Os locais entram para a estatística quando são identificados focos de alagamento por quatro ou mais vezes consecutivas. O estudo é realizado sempre entre os períodos de novembro e abril de cada ano, época em que ocorrem as maiores pancadas de chuva, segundo o órgão.

ZONA NORTE

- 1 Marginal Tietê (Ponte Freguesia do Ó) Sentido Castelo Branco - Pista Local
- 2 Av. Antônio Munhoz Bonilha (Av. Nossa Senhora do Ó) - Ambos sentidos
- 3 Av. Olavo Fontoura (Altura do nº 1209) - Sentido ST
- 4 Marginal Tietê (Ponte dos Remédios) Sentido Ayrton Senna - Pista Local
- 5 Marginal Tietê (Ponte Vila Guilherme) Sentido Castelo Branco - Pista Local
- 6 Av. Guilherme (R. Chico Pontes) Sentido Bairro
- 7 Av. Educador Paulo Freire (Marginal Tietê - Alça de acesso) Sentido Centro

ZONA LESTE

- 8 Av. Radial Leste-Oeste (Vd. Guadalajara) Sentido Bairro
- 9 Av. Radial Leste-Oeste (Av. Álvaro Ramos) - Sentido Bairro - Pista Local
- 10 Av. Aricanduva (R. Baquilá) - Sentido IQ
- 11 Av. Prof. Luiz Ignácio Anhaia Mello (Av. Paes de Barros) - Ambos sentidos
- 12 Av. Prof. Luiz Ignácio Anhaia Mello (Av. Salim Farah Maluf) - Ambos sentidos

ZONA SUL

- 13 Av. Dr. Ricardo Jafet (Vd. Saioá) Sentido Santos
- 14 Av. Vinte e Três de Maio (Vd. Euclides Figueiredo) - Sentido Aeroporto
- 15 Av. Pedro Álvares Cabral (Pç. Ibrahim Nobre) - Ambos sentidos
- 16 Av. Rubem Berta (Vladuto Onze de Junho) - Sentido ST/Era
- 17 Av. Abraão de Moraes (R. Ribeiro Lacerda) - Ambos sentidos
- 18 Av. Interlagos (R. Eng. Dagoberto Salles Filho) - Ambos sentidos
- 19 Av. Washington Luis (Pç. Dom Francisco de Sousa) - Sentido Bairro
- 20 Av. Vitor Manzini (Pç. Dom Francisco de Sousa) - Ambos sentidos
- 21 Av. Maria Coelho Aguiar (Pç. Alceu Amoroso Lima) - Sentido Bairro
- 22 Av. Maria Coelho Aguiar (R. Humberto Miranda) - Sentido Bairro
- 23 Marginal Pinheiros (Pte. do Morumbi) - Sentido Interlagos
- 24 Av. Roque Petroni Jr. (R. Canção Popular) - Ambos sentidos
- 25 Av. Santo Amaro (Av. Roque Petroni Jr.) - Ambos sentidos
- 26 Av. Santo Amaro (Av. Jorn. Roberto Marinho) - Ambos sentidos

ZONA OESTE

- 27 Av. Pres. Juscelino Kubitschek (R. João Cachoeira) - Sentido Ibirapuera
- 28 R. Joaquim Floriano (R. Manuel Guedes)
- 29 Av. Nove de Julho (Av. Cidade Jardim) - Sentido Bairro
- 30 Av. Antônio J. de Moura Andrade (Tribunal de Justiça) - Sentido Marginal
- 31 Av. Antônio J. de Moura Andrade (R. C. Nascimento) - Sentido Marginal
- 32 Marginal Pinheiros (Pte. Eng. Roberto Rossi Zuccolo) - Sentido Castelo Branco - Pistas Local e Expressa
- 33 Av. Nove de Julho (Av. Brasil) - Sentido Centro
- 34 Av. Rebouças (Av. Brasil) - Ambos sentidos
- 35 Marginal Pinheiros (Pte. Eusébio Matoso) - Sentido Castelo Branco - Pista Expressa
- 36 R. Romão Gomes (Av. Valdemar Ferreira)
- 37 R. Alvarenga (Av. Afrânio Peixoto) - Ambos sentidos
- 38 Av. Vital Brasil (Pç. Jorge de Lima) - Ambos sentidos
- 39 R. Turiassu (Pç. Marrey Jr.)
- 40 Av. Sumaré (Pç. Marrey Jr.) - Sentido Sumaré
- 41 Av. Antártica (Pç. Luiz Carlos Mesquita) - Ambos sentidos
- 42 Av. Marquês de São Vicente (Pç. Pascoal Martins) - Ambos sentidos
- 43 R. Ricardo Cavatton (R. Hugo D'antola) - Ambos sentidos
- 44 Marginal Pinheiros (Pte. dos Remédios) - Sentido Castelo Branco - Pista Local

CENTRO

- 45 Av. Nove de Julho (Pç. Quatorze Bis) - Sentido Centro
- 46 Av. Vinte e Três de Maio (Pç. da Bandeira) - Sentido Aeroporto
- 47 Av. Nove de Julho (Pç. da Bandeira) - Sentido Centro
- 48 Av. do Estado (R. São Caetano) - Ambos sentidos
- 49 Av. do Estado (R. João Teodoro) Sentido St
- 50 Av. Cruzeiro do Sul (R. Tapaós) Ambos sentidos

Fonte: Revista Veja São Paulo (15 de fev. 2013)³⁵ – Organização nossa.

³⁵ Disponível em <<http://vejasp.abril.com.br/materia/pontos-de-alagamento-em-saopaulo?gclid=CNXt0JjtrgCFabm7Aod3WQA1g>>. Acesso 17 jul. 2013.

Figura 10 – Enchentes em São Paulo



O Viaduto Antártica em 1996 (à esq.) e em 2013: nenhuma mudança
Foto: Agência Estado/Fernando Sampaio e Filipe Araújo

Fonte: Revista Veja São Paulo. Disponível em: <<http://vejasp.abril.com.br>>. Acesso 17 jul. 2013

Entretanto, esse cenário não se restringe somente às metrópoles, como o caso exemplificado de São Paulo³⁶, mas faz parte da realidade de cidades de pequeno, médio e grande porte, a exemplo de diversas outras cidades cuja lista seria enorme. Porém, para esta pesquisa interessa o caso específico da cidade Tupã/SP (Figuras 11 a 16), que segundo os dados apresentados pelo IBGE (2010),

³⁶ Fonte: Folha de São Paulo: Cotidiano (Matéria publicada em 31.08.2012). Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/1146250-dados-do-ibge-apontam-que-populacao-do-pais-cresce-rumo-ao-interior.shtml>>. Acesso em: 17 jul. 2013.

possui cerca de 60 mil habitantes³⁷, o que permite que seja considerada como uma cidade de médio porte³⁸.

Figura 11 - Chuva de 08 de Fevereiro de 1999.



Fonte: Jornal Diário, 1999.

Figura 12 - Chuva de 2 de Janeiro de 2006



Fonte: SEPLIN, 2006

Figura 13 - Chuva de 2 de Janeiro de 2006



Fonte : SEPLIN, 2006

³⁷ IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo de 2010**. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/webservice/default.php?cod1=35&cod2=355500&cod3=35&frm=urb_rur>. Acesso em 17 jul. 2013.

³⁸ De acordo com os procedimentos metodológicos do IBGE (2010), considera-se com "Municípios de Pequeno Porte 1: até 20.000 habitantes"; "Município de Pequeno Porte 2: de 20.001 até 50.000 habitantes"; "Município de Médio Porte: de 50.001 até 100.000 habitantes"; e, "Município de Grande Porte: de 100.001 até 900.000 habitantes".

Figura 14 - Chuva de 18 de Janeiro de 2008



Fonte: Jornal Diário, 2008.

Figura 15 - Chuva de 6 de Abril de 2013



Fonte: Portal Terra. Disponível em <http://noticias.terra.com.br/>
Acesso 17 jul. 2013.

Figura 16 - Estragos Provocados pela Chuva de 6 de Abril de 2013



Fonte: Portal Terra. Disponível em <http://noticias.terra.com.br/>
Acesso 17 jul. 2013.

É incontestável que os cenários apresentados (Figuras 11 a 16), são alarmantes pelos mais variados efeitos e abrangência de suas consequências. Para a compreensão da dimensão desses eventos, deve-se num primeiro momento, considerar a frequência e intensidade das chuvas. Neste sentido, Brandão faz importantes considerações,

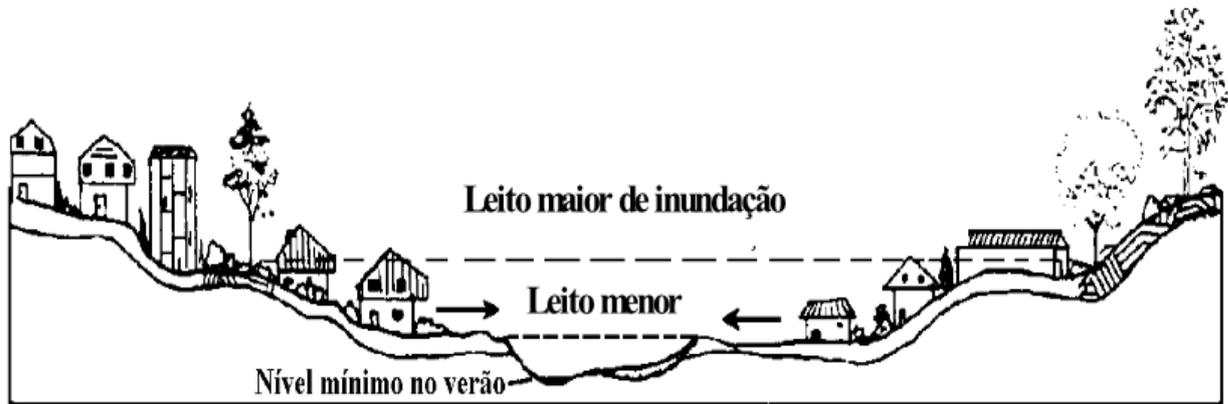
No momento em que se assiste, com maior frequência e intensidade, a uma série de *fenômenos naturais extremos* destruidores de paisagens em diferentes escalas e em distintas regiões da Terra, urge investigar as ligações sincrônicas entre eventos de escala planetária com aqueles de natureza local e microclimática, como, por exemplo, os gerados na escala da cidade. (BRANDÃO, 2005, p. 49).

Segundo Tucci (2002), as enchentes em áreas urbanas decorrem de dois processos, que podem ocorrer isoladamente ou de forma integrada:

- *devido à urbanização*: são o aumento da frequência e magnitude das enchentes devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. Adicionalmente o desenvolvimento urbano pode produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento;
- *em áreas ribeirinhas* - as enchentes naturais que atingem a população que ocupa o leito maior dos rios. Essas enchentes ocorrem, principalmente pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos extremos, em média com tempo de retorno da ordem de 2 anos. (TUCCI, 2002, p. 475).

De modo didático, Tucci (2005, p.29) explica que a inundação pode ser caracterizada pelo aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas. Desta forma, pelas “cotas do leito maior” é possível identificar a “magnitude da inundação e seu risco” (Figura 17).

Figura 17 - Áreas com Risco de Inundação



Fonte: TUCCI, 2005, p.29.

Para Tucci (2005, p.29), a inundação do “leito maior dos rios é um processo natural, como decorrência do ciclo hidrológico das águas”, e destaca que há problemas quando a “população ocupa o leito maior, que são áreas de risco, os impactos são freqüentes”.

Nesta mesma corrente, Coelho (2005) explica que

Os problemas ambientais (ecológicos e sociais) não atingem igualmente todo o espaço urbano. Atingem muito mais os espaços físicos de ocupação das classes sociais menos favorecidas do que os das classes mais elevadas. A distribuição espacial das primeiras está associada à desvalorização de espaço, quer pela proximidade dos leitos de inundação dos rios, das indústrias, de usinas termoeletricas, quer pela insalubridade, tanto pelos riscos ambientais (susceptibilidade das áreas e das populações aos fenômenos ambientais). (COELHO, 2005, p. 26-27).

Rosin (2011) comenta como a população de menor poder aquisitivo sente os efeitos oriundos da especulação imobiliária.

Diante dos efeitos produzidos pela lógica da especulação imobiliária urbana, comumente encontramos famílias de menor renda ou sem renda, ocupando regiões periféricas, desvalorizadas, como por exemplo: áreas insalubres nas proximidades de parques industriais, assim como os fundos de vales, áreas de encostas morros, dentre outras localidades. Intensificando a complexidade da questão, temos uma parcela significativa desses espaços decorrentes de ocupações clandestinas. Esses locais, em regra, não oferecem condições mínimas de habitabilidade e infraestrutura básica à boa parte dos seus moradores, ou seja, os mesmos não têm acesso aos serviços públicos e vivem em situação de vulnerabilidade social, decorrentes da inadequada e incipiente estrutura existente em assentamentos e construções ilegais. (ROSIN, 2011, p. 195).

A partir dos estudos apresentados por Corrêa (1995), Coelho (2005) e Rosin (2011), constata-se que o espaço urbano é constituído de assimetrias, atingindo de modo mais contundente as famílias em situação de maior vulnerabilidade, principalmente em períodos de grandes precipitações pluviométricas. Diante deste cenário Tucci (2002) afirma que

Em algumas cidades onde a frequência de inundação é alta, as áreas de risco são ocupadas por subhabitações, porque representam espaço urbano pertencente ao poder público ou desprezado economicamente pelo poder privado. A defesa civil é, constantemente, acionada para proteger essa parte da população. A questão com a qual o administrador municipal depara-se, nesse caso, é que, ao transferir essa população para uma área segura, outros se alojam no mesmo lugar, como resultado das dificuldades econômicas e das diferenças sociais. (TUCCI, 2002, p. 480-481).

Para os aspectos acima apresentados, certamente a busca por soluções é de extrema complexidade. Entretanto Tucci (2005, p. 57) ao desenvolver estudos aprofundados sobre essa problemática, faz uma série de recomendações técnicas ao propor que, em áreas sujeitas a enchentes, alagamentos e inundações sejam aplicados os conhecimentos hidráulicos à luz dos princípios sustentáveis para o controle das águas pluviais por meio da implantação de sistemas de drenagem urbana, onde seja possível a adoção de técnicas que contemplem instrumentos de equilíbrio do meio urbano com o ambiente natural e que orientam o conceito de infraestrutura verde.

2.2 Controle de águas pluviais

Ao longo de décadas, a engenharia hidráulica fez uso de técnicas orientadas pelos princípios higienistas introduzidos no país por meio dos primeiros planos de reformulação urbanística, inspirados em cidades europeias, e que foram adotados e seguidos pelos engenheiros, planejadores e gestores nas cidades brasileiras. Muitas das propostas desenvolvidas se constituíram em respostas aos graves problemas referentes à ocorrência de enchentes e inundações, para os quais se propunham a

retificação e canalização dos rios urbanos. Neste sentido, Botelho (2011, p. 94) esclarece que as medidas de controle de enchente

[...] são usualmente classificadas em estruturais, quando o homem altera o sistema fluvial, através de obras hidráulicas, como barragens, diques, canalização e retificação; em não estruturais, quando o homem busca uma convivência harmônica com o rio, através da elaboração de planos de uso e ocupação e zoneamentos de áreas de risco à inundação, sistemas de alerta e seguros-enchentes. (BOTELHO, 2011, 94).

Uma medida comum, contemplada nos projetos de engenharia hidráulica, era a destinação das áreas de preservação permanente para abertura de grandes avenidas e vias expressas em regiões centrais e quando esses elementos naturais – os rios, córregos, fundos de vale, encontravam-se localizados em áreas periféricas, os equívocos se acentuavam ainda mais, ao permitir que essas áreas fossem ocupadas inadequadamente para habitação, em regra, por assentamentos informais³⁹.

Tucci (2005a) comenta que as soluções de engenharia hidráulica adotadas – como mencionadas anteriormente, são equivocadas sob vários aspectos, gerando prejuízos de diversas ordens para a cidade, e de modo permanente para a população como um todo.

O controle atual do escoamento na drenagem urbana têm sido realizado de forma equivocada com sensíveis prejuízos para a população. A origem dos impactos é devida principalmente a dois tipos de erros:

- *Princípio dos projetos de drenagem*: A drenagem urbana tem sido desenvolvida com base no seguinte princípio errado: “A melhor drenagem é a que retira a água pluvial excedente o mais rápido possível do seu local de origem”.

³⁹ “Na maioria das cidades no Brasil, muitos são os fatores que provocaram a ocorrência de assentamentos informais em áreas de vulnerabilidade ambiental - as APPs, entre os quais são evidenciados a carência habitacional, disponibilidade de espaços com restrição ambiental, desrespeito as normas ambientais e urbanísticas, a ausência de fiscalização dos órgãos responsáveis, a inescrupulosa especulação imobiliária e, sobretudo o descaso do poder público. No âmbito da questão, Rolnik (1997) alerta que a cidade ilegal (loteamentos informais, clandestinos e irregulares) é ‘tolerada para poder ser, posteriormente, negociada pelo Estado’ através da regularização fundiária, como condicionante de um pacto entre Estado e as lideranças dos bairros, onde o Estado é tido como o ‘provedor’ e os moradores da cidade ilegal passam a ser os ‘devedores de um favor do Estado’. Neste contexto, a incorporação da cidade ilegal pela cidade legal (formal e oficial) ocorre como uma forma de anistia, através da regularização fundiária, favorecendo a implementação de uma política com fins explicitamente eleitorais. Entretanto, entende-se que o Direito à Cidade só será efetivado quando o Estado adotar uma política habitacional inclusiva, que não seja sinônima de uma barganha de escrituras pelos tão disputados votos. (ROSIN, 2011, p. 30)

- *Avaliação e controle por trechos:* Na microdrenagem os projetos aumentam a vazão e transferem todo o seu volume para jusante. Na macrodrenagem são construídos canais para evitar a inundação em cada trecho crítico. Este tipo de solução segue a visão particular de um trecho da bacia, sem que as consequências sejam previstas para o restante da mesma ou dentro de diferentes horizontes de ocupação urbana. A canalização dos pontos críticos acaba apenas transferindo a inundação de um lugar para outro na bacia. (TUCCI, 2005a, p.74).

Tucci (2005a, p. 78) explica que, as medidas de “controle do escoamento podem ser classificadas, de acordo com sua ação na bacia hidrográfica”, em:

- **Distribuída ou na fonte:** é o tipo de controle que atua sobre o lote, praças e passeios;
- **Na microdrenagem:** é o controle que age sobre o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos;
- **Na macrodrenagem:** é o controle sobre os principais riachos urbanos.

As medidas de controle podem ser organizadas, de acordo com a sua ação sobre o hidrograma em cada uma das partes das bacias mencionadas acima, em:

- **Infiltração e percolação:** este tipo de solução encaminha o escoamento para áreas de infiltração e percolação no solo, utilizando o armazenamento e o fluxo subterrâneo para retardar o escoamento superficial. Este tipo de solução busca recuperar as funções hidrológicas naturais da área. A infiltração não deve ser utilizada em áreas onde a contaminação da água pluvial é alta ou o lençol freático é muito alto;
- **Armazenamento:** através de reservatórios que podem ocupar espaços abertos ou fechados. O efeito do reservatório é o de reter parte do volume do escoamento superficial, reduzindo o seu pico e distribuindo a vazão no tempo;
- **Aumento da eficiência do escoamento:** através de condutos e canais, drenando áreas inundadas. Esse tipo de solução tende a transferir enchentes de uma área para outra, mas pode ser benéfico quando utilizado em conjunto com reservatórios de detenção;
- **Diques e estações de bombeamento:** solução tradicional de controle localizado de enchentes em áreas urbanas que não possuam espaço para amortecimento da inundação. (TUCCI, 2005a, p.78).

Silveira (2002, p.18) explica que a “macrodrenagem recebe geralmente os aportes da microdrenagem e é constituída por córregos, riachos e rios da zona urbana”, por esta razão, frequentemente “córregos e riachos são retificados e encapados (engalerizados)”.

O referido autor (SILVEIRA, 2002, p.18 – **negrito nosso**) classifica essas intervenções urbanas como “**rol clássico de obras de macrodrenagem**”, as quais

retificam e ampliam as seções de canais naturais, por meio da “construção de canais artificiais, grandes galerias, além de estruturas auxiliares para controle, dissipação de energia”, para o “amortecimento de picos, proteção contra erosões e assoreamento, travessias e estações de bombeamento”.

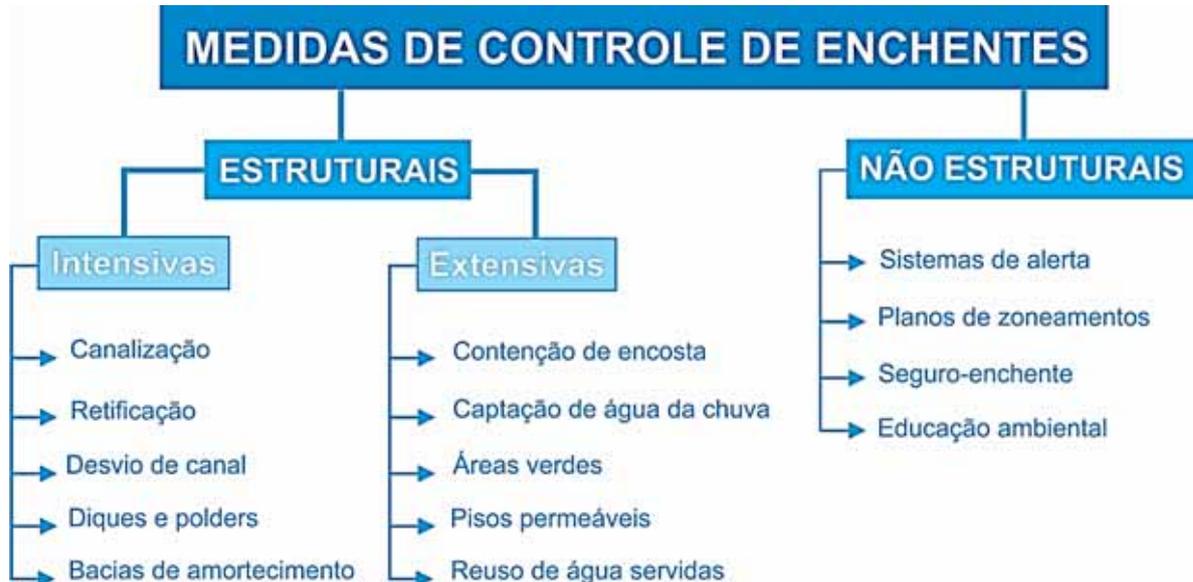
Dentro desse rol clássico de obras de macrodrenagem, Tucci (2005a, p. 40) esclarece que as “medidas para o controle de inundação podem ser do tipo estrutural e não estrutural”:

As **medidas estruturais** são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de enchentes. Essas medidas podem ser extensivas ou intensivas. As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchente e controla a erosão da bacia. As medidas intensivas são aquelas que agem no rio e podem ser de três tipos [...]: (a) *aceleram o escoamento*: construção de diques e *polders*, aumento da capacidade de descarga dos rios (canais) e corte de meandros; b) *retardam o escoamento*: Reservatórios e as bacias de amortecimento; c) *desvio do escoamento*, são obras como canais de desvios.

As **medidas não-estruturais** são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes, através de medidas preventivas como o alerta de inundação, zoneamento das áreas de risco, seguro contra inundações, e medidas de proteção individual (*'floodproofing'*). (p.40-41 – negrito nosso).

Segundo Tucci (2002, p. 482) no primeiro caso, estão as “medidas de controle através de obras hidráulicas, tais como barragens, diques e canalização, entre outras”, e no segundo caso, são “medidas do tipo preventivo, tais como zoneamento de áreas de inundação, alerta e seguros” e por esta razão, “as medidas estruturais envolvem custos maiores que as medidas não-estruturais” (Figura 18).

Figura 18 - Principais Medidas Estruturais e Não Estruturais de Controle de Enchente



FONTE: Botelho (2011, p. 94), adaptado por Sandra Medina Benini, 2014.

A figura 18 permite compreender a divisão entre as medidas estruturais e não estruturais. Todavia o que deve ser destacado é que no modelo clássico de obras de macrodrenagem, nos projetos de engenharia hidráulica são adotadas medidas que podem ser estruturais intensivas (quando o homem modifica o rio) e nas medidas estruturais extensivas (infraestrutura verde) e não estruturais (quando o homem convive com o rio).

No que se refere às medidas estruturais (Quadro 02), deve-se destacar que estas “correspondem às obras que podem ser implantadas visando à correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes de enchentes” (CANHOLI, 2005, p. 25).

Quadro 02 - Medidas Estruturais

MEDIDAS		PRINCIPAL VANTAGEM	PRINCIPAL DESVANTAGEM	APLICAÇÃO	
Medidas Extensivas	Aumento da cobertura vegetal (áreas verdes e arborização)	Redução do pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias	
	Controle de perda do solo (contenção de encosta)	Reduz assoreamento	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias	
Medidas Intensivas	Diques e polders		Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios e na planície
	Melhoria do canal	Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
		Corte de meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvial	Área de inundação estreita
	Reservatório	Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização difícil devido a desapropriação	Bacias intermediárias
		Reservatório com comportas	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projeto de usos múltiplos
		Reservatório para cheias	Operação com mínimo de perdas	Custo não compartilhado	Restrito ao controle de enchentes
	Mudança de canal	Caminho da cheia	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
		Desvio	Reduz vazão do canal principal	Depende da topografia	Bacias médias e grandes

FONTE: Simons *et al.* (1977, *apud* TUCCI, 2005a, p.41-42), adaptado por Sandra Medina Benini, 2014.

O Quadro 02 apresenta as vantagens e desvantagens na adoção de medidas estruturais para controle de enchentes, entretanto o que não pode deixar se mencionar é que “medidas estruturais não são projetadas para dar uma proteção completa ao sistema, pois isto exigiria um dimensionamento contra a maior enchente possível” (SILVEIRA, 2002, p.24), o que significaria aumentar o custo do empreendimento.

Canholi (2005) explica que as medidas estruturais intensivas, de acordo com seu objetivo, podem ser de quatro tipos:

- a) **de aceleração de escoamento:** canalização e obras correlatas.
- b) **de retardamento do fluxo:** reservatório (bacia de detenção/retenção), restauração de calhas naturais;
- c) **de desvio do escoamento:** túneis de derivação e canais de desvio;
- d) e que englobem a introdução de ações individuais visando a tornar as edificações à prova de enchentes. (CANHOLI, 2005, p. 25).

Para Tucci (2005a), as medidas estruturais intensivas são:

Reservatório: O reservatório de controle de enchentes funciona retendo o volume do hidrograma durante as enchentes, reduzindo o pico e o impacto a jusante da barragem. [...]

Diques ou polders: São muros laterais de terra ou concreto, inclinados ou retos, construídos a uma certa distância das margens, que protegem as áreas ribeirinhas contra o extravasamento. Os efeitos de redução da largura do escoamento confinando o fluxo são o aumento do nível de água na seção para a mesma vazão, aumento da velocidade e erosão das margens e da seção e redução do tempo de viagem da onda de cheia, agravando a situação dos outros locais a jusante. O maior risco existente na construção de um dique é a definição correta da enchente máxima provável, pois existirá sempre um risco de colapso [...]. (43-46).

Neste sentido, para que se possa implementar as medidas estruturais intensivas, há necessidade de execução de obras que retificação do canal, permitindo assim, acelerar a drenagem das águas pluviais. No tocante às medidas estruturais extensivas, Tucci (2005a) explica que a

Cobertura vegetal: a cobertura vegetal tem capacidade de armazenar parte do volume de água precipitado pela interceptação vegetal, aumentar a evapotranspiração e de reduzir a velocidade do escoamento superficial pela bacia hidrográfica. Quando é retirada a cobertura vegetal a tendência é de aumentar o volume escoado, as cheias e redução das estiagens, aumentando a variabilidade das vazões. O aumento da cobertura é uma medida extensiva para redução das inundações, mas aplicável a pequenas bacias, onde tem mais efeito (< 10 km²). O efeito maior deste tipo de medida é sobre os eventos mais freqüentes de alto risco de ocorrência. Para eventos raros de baixo risco o efeito da cobertura vegetal tende a ser pequeno.

Controle da erosão do solo: o aumento da erosão tem implicações ambientais pelo transporte de sedimentos e seus agregados, podendo contaminar os rios a jusante e diminuir a sua seção e alterando o balanço de carga e transporte dos rios. Um dos fatores é a redução da seção dos rios e o aumento da freqüência das inundações em locais de maior sedimentação. O controle da erosão do solo pode ser realizado pelo reflorestamento, pequenos reservatórios, estabilização das margens e práticas agrícolas corretas. Esta medida contribui para a redução dos impactos das inundações. (p.42).

Entretanto, deve se considerar que não basta somente a reposição ou manutenção da cobertura vegetal, há necessidade de execução de obras e dispositivos que permitir a reservação, ou seja, a contenção temporária das águas pluviais. Segundo Canholi (2005, p. 35) a reservação se apresenta como um “conceito mais significativo e de amplo espectro no campo das medidas inovadoras em drenagem”, pois

A utilização da reservação em drenagem urbana vem se transformando em um conceito multidisciplinar. O aspecto paisagístico adquire importância, principalmente na viabilização social de obras. A aceitação pela comunidade de tal tipo de obra guarda estreita relação com o sucesso da implantação, nesses locais, e áreas verdes e de lazer. (CANHOLI, 2005, p. 54).

Desta forma, dispositivos de reservação para controle de enchentes se apresentam como medidas sustentáveis e alternativas ao modelo tradicional de canalização dos córregos e rios urbanos, como pode ser observado no Quadro 03 que elenca as características da canalização frente à reservação.

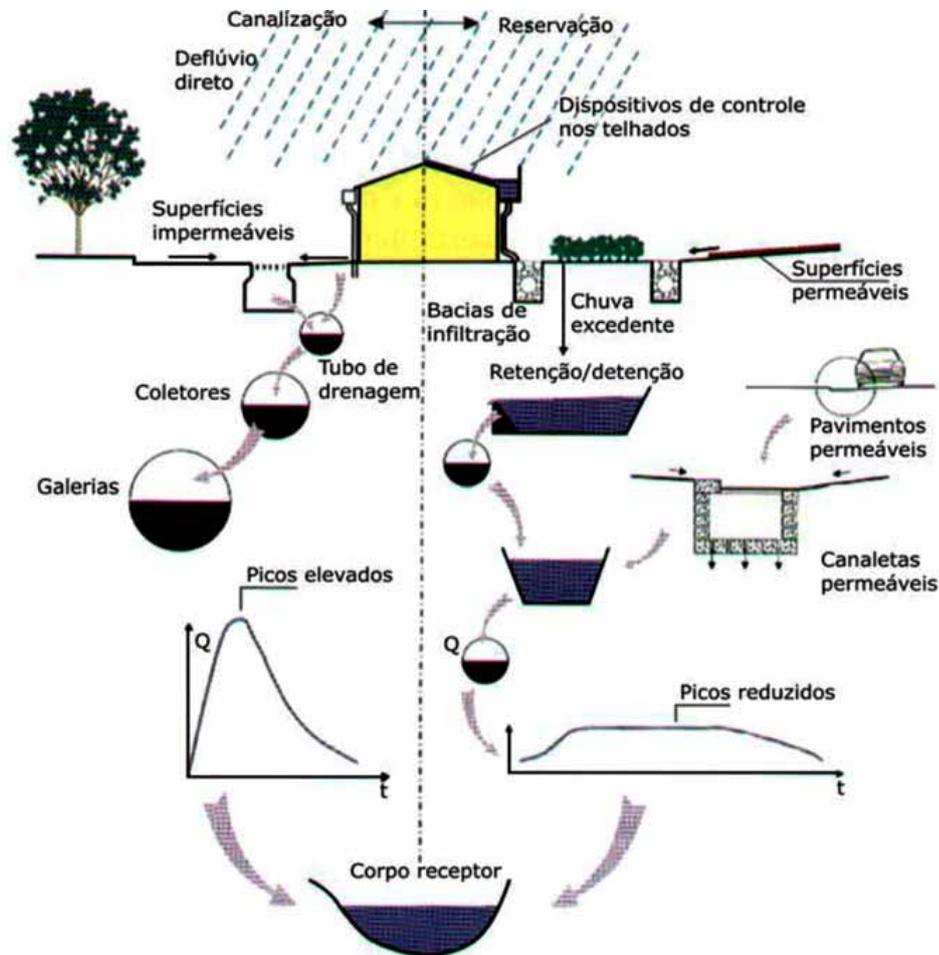
Quadro 03 - Características da Canalização x Reservação

CARACTERÍSTICA	CANALIZAÇÃO	RESERVAÇÃO
Função	<ul style="list-style-type: none"> Renovação dos escoamentos. 	<ul style="list-style-type: none"> Contenção temporária para subsequente liberação.
Componentes Principais	<ul style="list-style-type: none"> Canais abertos / galerias. 	<ul style="list-style-type: none"> Reservatórios (aberto) Reservatórios subterrâneos; Retenção sub-superficial.
Aplicabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Instalação em áreas novas; Construção por fases; Ampliação de capacidade pode se tornar difícil (centros urbanos). 	<ul style="list-style-type: none"> Área nova (em implantação); Construção em fases; Área existente (à superfície ou subterrâneas);
Impacto nos trechos de jusante (quantidade)	<ul style="list-style-type: none"> Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior; Maiores obras nos sistemas de jusante. 	<ul style="list-style-type: none"> Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero; Reabilitação de sistemas: podem tornar as vazões e jusante compatíveis com a capacidade disponível.
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	<ul style="list-style-type: none"> Transporta para o corpo receptor toda carga de poluente afluente; 	<ul style="list-style-type: none"> Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação dos reservatórios e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação.
Manutenção / operação	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo); Manutenção nas galerias é difícil (condição de acesso). 	<ul style="list-style-type: none"> Necessária limpeza periódica; Necessária fiscalização; Sistemas de bombeamento requerem operação / manutenção; Desinfecção eventual (insetos).
Estudos hidrológicos / hidráulicos	<ul style="list-style-type: none"> Requer definição dos picos de enchentes. 	<ul style="list-style-type: none"> Requer definição dos hidrogramas (volume das enchentes).

FONTE: Walesh (1989, *apud* CANHOLI, 1993, p.32), adaptado por Sandra Medina Benini, 2014.

Conforme apresentado no quadro 03, a reservação, enquanto medida não convencional, é um sistema alternativo para a drenagem urbana, uma vez que favorece o planejamento em áreas urbanizadas, permitindo adequação e/ou otimização do sistema existente. Segundo Tucci (2005a, p. 103), permite a “integração entre o projeto de implantação no espaço, o projeto arquitetônico e as funções da infra-estrutura de água dentro do ambiente urbanizado” (Figura 19).

Figura 19 - Ilustração Esquemática dos Conceitos de Canalização e Reservação



FONTE: CANHOLI, 2005, p. 36.

Conforme observado na Figura 19, constata-se a reservação além de um sistema que faz retenção/detecção das águas pluviais, também favorece a infiltração. Todavia, deve-se considerar que apesar de Canholi (2005) apresentar o conceito de “reservação” como um das “medidas inovadoras em drenagem”, Silveira (2002), já havia organizado uma “Lista de Medidas de Controle Básicas”, na qual relacionou várias obras aplicadas à drenagem urbana, que tem com principais funções o armazenar temporário das águas pluviais, assim como, de permitir a infiltração da mesma (Quadro 04).

Quadro 04 - Lista das Medidas de Controle Básicas

OBRA	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL	FUNÇÃO	EFEITO
Pavimento Poroso	Pavimento com camada de base porosa como reservatório	Armazenamento temporário da chuva no local do próprio pavimento. Áreas externas ao pavimento podem também contribuir.	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado pelo pavimento e por eventuais áreas externas
Trincheira de infiltração	Reservatório linear escavado no solo preenchido com material poroso	Infiltração no solo ou retenção, de forma concentrada e linear, da água da chuva caída em superfície limítrofe	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área adjacente
Vala de infiltração	Depressões lineares em terreno permeável	Infiltração no solo, ou retenção, no leito da vala, da chuva caída em áreas marginais	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área vizinha
Poço de Infiltração	Reservatório vertical e pontual escavado no solo	Infiltração pontual, na camada não saturada e/ou saturada do solo, da chuva caída em área limítrofe	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado na área contribuinte ao poço
Micro reservatório	Reservatório de pequenas dimensões tipo 'caixa d'água' residencial	Armazenamento temporário do esgotamento pluvial de áreas impermeabilizadas próximas	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial de áreas impermeabilizadas
Telhado reservatório	Telhado com função reservatório	Armazenamento temporário da chuva no telhado da edificação	Retardo do escoamento pluvial da própria edificação
Bacia de detenção	Reservatório vazio (seco)	Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Bacia de retenção	Reservatório com água permanente	Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Bacia subterrânea	Reservatório coberto, abaixo do nível do solo	Armazenamento temporário do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Condutos de armazenamento	Condutos e dispositivos com função de armazenamento	Armazenamento temporário do escoamento no próprio sistema pluvial	Amortecimento do escoamento afluente à macrodrenagem
Faixas gramadas	Faixas de terreno marginais a corpos d'água	Áreas de escape para enchentes	Amortecimento de cheias e infiltração de contribuições laterais

FONTE: Silveira (2002, p.30), adaptado por Sandra Medina Benini, 2014.

Complementando seus estudos, Silveira (2002) elencou posteriormente, as vantagens hidráulicas e os efeitos ambientais dessas medidas controle, entendidas pelo autor como básicas, dentre os dispositivos utilizados na drenagem urbana.

Quadro 05 - Síntese das Vantagens Hidráulicas e os Efeitos Ambientais

MEDIDA DE CONTROLE	VANTAGENS HIDRÁULICAS	EFEITOS AMBIENTAIS (POSITIVOS E NEGATIVOS)
Pavimento Poroso	Contribui para recarga do lençol freático [...]. Não contribui para paisagismo aquático ou verde. É hidraulicamente autônomo. O revestimento superficial poroso evita empoeamentos, projeções d'água e a aquaplanagem de veículos, além de reduzir ruídos do tráfego. Há maior visibilidade das marcas pintadas na pista.	Age positivamente ao filtrar na camada porosa e no solo os escoamentos fracamente poluídos.
Trincheira de infiltração	Contribui para recarga do lençol freático e para a umidade do solo, mas a variante de retenção contribui menos. Integra bem a paisagem verde quando recoberta por grama. Hidraulicamente autônoma.	Efeito positivo ao tratar escoamentos levemente poluídos por infiltração na estrutura porosa e no solo.
Vala de infiltração	Contribui para recarga do lençol freático e para a umidade do solo, mas a variante de retenção contribui menos. Integra bem a paisagem verde quando recoberta por grama. Todavia, o funcionamento hidráulico que requer supervisão.	Favorece tratamento de escoamentos levemente poluídos por infiltração no solo. Em valas de retenção evitar períodos inundados compatíveis com a proliferação de mosquitos.
Poço de Infiltração	Recarrega significativamente o freático. Menos efeito na contribuição à umidade do solo (obra pontual). Funcionamento hidráulico autônomo.	Efeito positivo ao tratar escoamentos levemente poluídos por infiltração na estrutura porosa e no solo.
Micro reservatório	Quando projeto permite infiltração no solo contribui para recarga do freático e para a umidade do solo. Funcionamento hidráulico automático. Os micro reservatórios tipo cisterna podem agregar função de reserva adicional de água para incêndio, lavagem de carro, irrigação de jardim e outros usos domésticos e industriais.	O escoamento vindo dos telhados é tratado por micro reservatórios de infiltração. Os reservatórios tipo 'caixa d'água' e cisternas precisam de limpeza constante e serem bem vedados para evitar riscos sanitários. O ideal é mantê-los secos.
Telhado reservatório	O projeto pode incorporar a função de jardim e assim também contribuir para o paisagismo verde.	A estagnação de águas por entupimento da saída pode favorecer a proliferação de mosquitos.
Bacia de detenção	Se o projeto contempla leito permeável, contribui para recarga do lençol freático e umidade do solo. As bacias de detenção em geral integram-se facilmente em um paisagismo verde, com plantio de gramados e árvores. Assumem a função benéfica paralela de ser um espaço verde de lazer, de passeio e prática de esportes.	Esta estrutura não deve ser implantada se dispositivos de retenção de poluição, sedimentos e lixo significativos não puderem ser implantados ou uma limpeza muito frequente não puder ser sustentada. Grande risco de proliferação de vetores ligados ao lixo. Por outro lado trata eventual poluição leve pela infiltração no solo.

MEDIDA DE CONTROLE	VANTAGENS HIDRÁULICAS	EFEITOS AMBIENTAIS (POSITIVOS E NEGATIVOS)
Bacia de retenção	Se o projeto contempla leito permeável, contribui para recarga do lençol freático e umidade do solo. Com leito estanque, não há contribuição ao freático, mas as margens tem umidade para receber vegetação. As bacias de retenção em geral integram-se facilmente em um paisagismo aquático e mesmo a um paisagismo verde se as margens receberem vegetação e não materiais inertes como cascalho. Gestão hidráulica pode ser desnecessária em função da variação de níveis de projeto e do tratamento e declividade das margens. Oferece funções complementares de pesca, passeios aquáticos, passeios nas margens e outros.	Esta estrutura não deve ser implantada se dispositivos de retenção de poluição, sedimentos e lixo significativos não puderem ser implantadas ou uma limpeza muito frequente não puder ser sustentada. Grande risco de proliferação de vetores ligados ao lixo. Por outro lado trata eventual poluição leve pela infiltração no solo. O problema de uma provável proliferação de mosquitos em função do espelho d'água.
Bacia subterrânea	Obra discreta com funcionamento hidráulico autônomo, mas dispositivos de emergência e aeração requerem gestão e manutenção. Podem agregar função de reserva adicional de água para incêndio, lavagem de ruas e praças, irrigação de jardim, alimentação de chafarizes e outros usos públicos.	Esta estrutura não deve ser implantada se dispositivos de retenção de poluição, sedimentos e lixo significativos não puderem ser instalados ou uma limpeza muito frequente não puder ser sustentada. Grande risco de proliferação de vetores ligados ao lixo. Por outro lado trata eventual poluição leve pela infiltração no solo.
Conduitos de armazenamento	São discretas e possuem funcionamento hidráulico autônomo, mas dispositivos de emergência e aeração requerem gestão e manutenção.	Pode haver retenção indesejada de poluentes, lixo ou sedimentos.
Faixas gramadas	Contribui para recarga do lençol freático e para a umidade do solo. Integra bem a paisagem verde. Hidraulicamente autônoma. Pode ser espaço verde de lazer e passeio e, dependendo das dimensões, local de prática de esporte.	São benéficas no tratamento do escoamento pluvial fracamente poluído, como o de um estacionamento.

FONTE: Silveira (2002), adaptado por Sandra Medina Benini, 2014.

Como pode ser observado no Quadro 05, há uma série de vantagens hidráulicas e em geral, constata-se que dentre os efeitos ambientais, há efeitos positivos e negativos. Os efeitos positivos são verificados não só no custo do empreendimento, mas também no menor impacto sobre o ambiente, uma vez que permite a integração de sistema natural, como o verde urbano, na operacionalização do sistema de drenagem.

No tocante aos efeitos negativos, devem ser considerados que os mesmos podem ser mitigados, mediante um gerenciamento adequado da estrutura proposta, visto que estão relacionados com a manutenção e limpeza de resíduos e sedimentos.

Posteriormente aos estudos de Silveira (2002), Tucci (2005a) apresenta como resultado de suas pesquisas sobre a drenagem urbana, um quadro com os principais dispositivos de infiltração, os quais são utilizados para o controle das águas pluviais (Quadro 06).

QUADRO 06 - Principais Dispositivos de Infiltração

DISPOSITIVOS	CARACERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Planos e Valos de Infiltração com drenagem	Gramados, áreas com seixos ou outros material que permita a infiltração natural.	Permite infiltração de parte da água para o sub-solo.	Planos com declividade > 0,1% não deve ser usados. O transporte de material sólido para a área de infiltração pode reduzir a capacidade de infiltração
Planos e Valos de Infiltração sem drenagem	Gramados, áreas com seixos ou outro material que permita a infiltração natural.	Permite infiltração da água para o sub-solo.	O acúmulo de água no plano durante o período chuvoso não permite trânsito sobre a área. Planos com declividade que permita escoamento para fora do mesmo.
Pavimento permeável	Concreto, asfalto ou bloco vazado com alta capacidade de infiltração.	Permite infiltração da água.	Não deve ser utilizado para ruas com tráfego intenso e/ou de carga pesada, pois a sua eficiência pode diminuir.
Poços de Infiltração, trincheiras de infiltração e bacia de percolação	Volume gerado no interior do solo que permite armazenar a água e infiltrar.	Redução do escoamento superficial e amortecimento em função do armazenamento.	Pode reduzir a eficiência ao longo do tempo dependendo da quantidade de material sólido que drena para a área.

FONTE: Tucci (2005a, p.85-86), adaptado por Sandra Medina Benini, 2014.

O Quadro 06, apresentado por Tucci (2005a), se aproxima dos estudos de Silveira (2002), visto que ambos os autores enfatizam os benefícios de dispositivos alternativos (medidas estruturais extensivas) em relação ao modelo tradicional (medidas estruturais intensivas).

Assim, conforme apresentado por Silveira (2002), Tucci (2005^a), Canholi (2005), fica evidenciado o caráter preventivo das medidas estruturais extensivas, em razão da redução dos custos e da possibilidade de maior eficiência e eficácia na implantação de um sistema alternativo de drenagem urbana.

Nessa mesma corrente, Botelho (2011, p. 98) explica que as medidas estruturais extensivas de controle de enchentes têm por objetivo a melhoria do “funcionamento do ciclo hidrológico urbano e, conseqüentemente, na quantidade e qualidade de água (embora, na maioria, ainda pouco divulgadas e implementadas)”, a exemplo da “retenção de encosta e margens de rios, captação de água da chuva, ampliação de áreas verdes, utilização de pisos permeáveis e aproveitamento das águas servidas”.

No tocante às medidas não estruturais apresentadas por Botelho (2011) na Figura 18 (Principais medidas estruturais e não estruturais de controle de enchente), devem ser considerados primeiramente, os estudos realizados por Silveira (2002), os quais indicam os benefícios dessas medidas, ao

[...] reduzir impactos sem modificar o risco das enchentes naturais, e em alguns casos, estipular princípios que revertam os riscos artificialmente majorados por ações antrópicas às condições naturais. As ações não estruturais em drenagem urbana abrangem os mecanismos de estipulação dos princípios básicos (filosofia), de estabelecimento de como estes princípios devem ser respeitados (legislação, normas e manuais técnicos) e de preparação da sociedade para que eles venham a ser implantados e obedecidos na atualidade e no futuro. (p.24).

Na mesma corrente, Canholi (2005, p. 25) procura evidenciar que medidas não estruturais “são aquelas em que se procura reduzir os danos ou as conseqüências das inundações, não por meio de obras, mas pela introdução de normas, regulamentos e programas”, os quais possam disciplinar o “uso e ocupação do solo, e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem”.

Considerando aquelas mais adotadas, as medidas não estruturais podem ser agrupadas em: ações de regulamentação do uso e ocupação do solo; educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo; seguro-enchente; e sistemas de alerta e previsão de inundações. (CANHOLI, 2005, p. 26).

Assim como Canholi (2005), Tucci (2005a, p. 49) afirma que, as medidas não estruturais podem ser do “tipo preventiva como: previsão e alerta de inundação, zoneamento das áreas de risco de inundação, seguro e proteção individual contra inundação”.

O zoneamento é baseado no mapeamento das áreas de inundação dentro da delimitação da cheia de 100 anos ou a maior registrada. Dentro dessa faixa, são definidas áreas de acordo com o risco e com a capacidade hidráulica de interferir nas cotas de cheia a montante e a jusante. A regulamentação depende das características de escoamento, topografia e tipo de ocupação dessas faixas. O zoneamento é incorporado pelo Plano Diretor Urbano da cidade e regulamentado por legislação municipal específica ou pelo Código de Obras. Para as áreas já ocupadas, o zoneamento pode estabelecer um programa de transferência da população e/ou convivência com os eventos mais freqüentes. O sistema de alerta tem a função de prevenir com antecedência de curto prazo, reduzindo os prejuízos, pela remoção, dentro da antecipação permitida. (TUCCI, 2002, p. 482).

Conforme foi apresentado, fica evidenciada a importância das medidas não estruturais, como parte integrante da elaboração e implementação de um adequado sistema de drenagem urbana, assim como, fica explícito o dever da administração pública em promover o devido ordenamento do solo urbano com a finalidade essencial de evitar a ocupação de áreas de risco.

Tucci (2005a, p. 107) explica que o “planejamento urbano deve considerar os aspectos relacionados com a água, o uso do solo e a definição das tendências dos vetores de expansão da cidade”, uma vez que “existe uma forte inter-relação entre os mesmos”, a exemplo:

- o abastecimento de água é realizado a partir de mananciais que podem ser contaminados pelo esgoto cloacal, pluvial ou por depósitos de resíduos sólidos;
- a solução do controle do escoamento da drenagem urbana depende da existência de rede de esgoto cloacal e tratamento de esgoto, além da eliminação das ligações entre as redes;
- a erosão do solo produz assoreamento e interfere na ocupação do solo, nas ruas, sistemas de esgoto, entre outros;
- a limpeza das ruas, a coleta e disposição de resíduos sólidos interferem na quantidade e na qualidade da água dos pluviais. (p.107).

A implementação das medidas citadas acima, se constituem em metas fundamentais a serem alcançadas por meio do processo de planejamento e gestão urbana. Para tanto, o autor (TUCCI, 2005a, p.107) explica que uma das maiores dificuldades dos gestores públicos no que se refere à implementação de um planejamento integrado “decorre da limitada capacidade institucional dos municípios para enfrentar problemas tão complexos e interdisciplinares e a forma setorial como a gestão municipal é organizada”.

Assim, pode-se constatar a importância de se elaborar um Plano Diretor de Drenagem Urbana, o qual deveria conjugar os planos urbanísticos, do sistema viário, saneamento e resíduos sólidos, com as legislações pertinentes (Uso do Solo, Ambiental e de Recursos Hídricos), como condição *sine qua non* a subsidiar a gestão das águas pluviais em áreas urbanas.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem o objetivo de criar os mecanismos de gestão da infra-estrutura urbana relacionado com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, e a melhorar as condições de saúde e meio ambiente da cidade, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental da cidade.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem como meta buscar:

- Planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infra-estrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais;
- Controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de regulamentação;
- Convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco. (TUCCI, 2005a, p.135).

Desta forma, o Plano Diretor de Drenagem Urbana deve ser estruturado de modo a contemplar projetos e ações de controle das inundações, por meio de projeções de cenários futuros, por cálculos matemáticos, com base nas tendências existentes, como aspectos geomorfológicos do espaço, condições climáticas, o adensamento, impermeabilização, dentre outros, de modo a viabilizar o gerenciamento de risco.

Neste sentido, Tucci (2007, p. 312), explica que para elaboração de projetos de controle da inundação deve ser observada a “simulação da ocorrência do evento como modelo hidrodinâmico que considere o sistema de funcionamento sob pressão”, considerando a dinâmica fluvial urbana e as medidas preventivas, a exemplo da Tabela 01: onde são dados referentes ao tempo de retorno (anos) em

áreas urbanizadas, com objetivo de subsidiar a projeção de cenários e gerenciamento de risco.

Tabela 01 - Tempo de Retorno Utilizado para Obras de Drenagem

SISTEMA	USO	TEMPO DE RETORNO (ANOS)
Micro-drenagem	Residencial	2 - 5
	Área comercial de alto valor	2 - 10
	Aeroportos	2 - 10
	Área comercial central	5 - 10
Macro-drenagem	-	10 - 100

FONTE: Asce (1992, *apud* TUCCI, 2007, p. 312), adaptado por Sandra Medina Benini, 2014.

Para Tucci (2005a), a análise destes cenários permite realizar uma projeção dos investimentos envolvidos para “reduzir a freqüência das inundações e os prejuízos aceitos”, a exemplo:

Ao se adotar um risco de 10% anualmente, ou tempo de retorno de 10 anos. Aceita-se que em média poderão ocorrer eventos uma vez a cada 10 anos que produzirão prejuízos. A análise adequada envolve um estudo de avaliação econômica e social dos impactos das enchentes para a definição dos riscos. (p.175).

Neste sentido, Botelho (2011, p. 76) explicar que, as “onerosas obras de drenagem urbana”, como a “canalização (aberta ou fechada), retificação, alagamento, afundamento, desvio etc”, podem ajudar a controlar as águas pluviais, mas se executadas sem a aplicação das medidas extensivas e as medidas não estruturais, estas mesmas obras podem vir a contribuir para a ocorrência de enchentes, muitas vezes em maior proporção, ao longo do tempo.

Desta forma, dentre o conjunto de medidas não estruturais, destaca-se a importância da elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana, para a gerenciar as águas pluviais no espaço urbano de modo preventivo, principalmente as áreas de risco de inundação.

Todavia, deve-se considerar que as cidades no Brasil apresentam problemas de alta complexidade relacionados ao ordenamento do solo urbano, em

razão não apenas da alta concentração demográfica, mas essencialmente da ausência de políticas públicas aptas em responder a tais especificidades.

Para Ramos, Baptista e Nascimento (1997) e Cruz, Tucci e Turcknicz (2000), o planejamento urbano deve otimizar o ordenamento do uso e ocupação do solo urbano (Plano Diretor, Lei de Zoneamento, Lei de Parcelamento do Solo, etc.) com a observância das dinâmicas do meio ambiente e dos índices urbanísticos, os quais têm por finalidade primordial determinar o percentual adequado de ocupação de um terreno, bem como, o índice de permeabilidade para a unidade parcelada. Na mesma discussão, Ellis (1995), Pauleit e Duhme (2000), Zieliski (2002), Stone Jr. (2004) e Garotti e Barbassa (2005), enfatizam que a morfologia urbana, a exemplo dos padrões e dimensionamento dos loteamentos – sistema viário, quadras e lotes.

Tais apontamentos são complementados por Tucci e Campana (*apud* IPH/DEP, 2002), Fagundes (2002) e Pauleit, Ennos e Goiding (2005), em que os autores esclarecem que a densidade urbana, assim como a densificação e dispersão urbana, merecem especial atenção dos planejadores urbanos, visto que são fenômenos distintos que interferem diretamente no uso e ocupação do solo, determinando o aumento ou não, de áreas impermeáveis urbanas e a dinâmica das águas pluviais.

Assim, no que tange à drenagem urbana, torna-se imprescindível que o planejamento urbano deva considerar a implementação de um novo projeto urbano, pensando numa proposta projetual, capaz de incorporar mecanismos que possibilitem a convivência harmoniosa dos elementos naturais no espaço urbano.

INFRAESTRUTURA VERDE APLICADA À DRENAGEM URBANA

3 INFRAESTRUTURA VERDE APLICADA À DRENAGEM URBANA

No processo de planejamento e gestão urbana é consenso a dificuldade de desconstrução dos sistemas de drenagem já implantados, ainda que obsoletos e ineficientes, o que vem justificar a relevância de estudos e alternativas que possibilitem a integração de estratégias inovadoras de adequações, ao incorporarem medidas corretivas e complementares dos sistemas de drenagem convencionais. A partir desses pressupostos, o planejamento urbano e o desenho ambiental possibilitam a conjugação de conceitos e técnicas ao incorporar princípios e técnicas com capacidade de respostas adequadas aos efeitos decorrentes das deficiências do sistema de drenagem, que vêm produzindo inundações em diversas cidades do país.

Como mencionado no capítulo anterior, no que se refere à drenagem urbana, torna-se imprescindível que o planejamento urbano adote novas propostas para controle das águas pluviais, que privilegiem uma convivência harmoniosa entre o homem e a natureza. Neste sentido, diversos autores, dentre eles, Botelho (2011) defendem a ideia de que é “preciso desenvolver novas formas de ocupação, novos materiais, novas técnicas, novas leis, estabelecendo novas relações de uso do espaço urbano”, notadamente ao considerar que

[...] a ideia de ‘desconstruir’ cidades é inconcebível e ilusória, pois não podemos deixar de construir moradias, asfaltar ruas, erguer centros empresariais etc., é preciso criar mecanismos alternativos que possam substituir o processo hidrológico fundamental de infiltração, expandindo e diversificando o tempo de chegada das águas ao final de cada sistema hidrográfico. (BOTELHO, 2011, 93).

As proposições apresentadas pelo referido autor, procuram evidenciar a emergência e importância do uso de “mecanismos alternativos” no espaço urbano que podem contribuir com o processo hidrológico de infiltração⁴⁰, assim como, o de percolação⁴¹, a exemplo da bacia ou reservatório de amortecimento⁴², a bacia de

⁴⁰ “A *infiltração* é o processo de transferência do fluxo da superfície para o interior do solo. A *capacidade de infiltração* depende das características do solo e do estado de umidade da camada superior do solo, denominada também de zona não-saturada” (TUCCI, 2005a, p.79-80).

⁴¹ “A velocidade do escoamento através da camada não-saturada do solo até o lençol freático (zona saturada) é denominada de *percolação*’. A percolação também depende do estado de umidade da camada superior do solo e do tipo de solo. Determinados tipos de solos apresentam maiores dificuldades de percolação e pequeno volume de armazenamento, o que inviabiliza seu uso, já que

infiltração⁴³, bacia de detenção⁴⁴, bacia de retenção⁴⁵, pavimentos porosos, dentre outros.

Esses “mecanismos alternativos” apontados por Botelho (2011) não representam nenhuma inovação tecnológica deste século, vistos que as mesmas práticas e técnicas foram incorporadas em projetos hidráulicos concebidos há muito tempo atrás e que, por motivos diversos, não foram difundidos e aplicados com frequência em projetos de drenagem urbana.

A novidade que deve ser destacada, é que essas práticas e técnicas aplicáveis aos projetos de hidráulica, vêm sendo resgatadas por arquitetos, urbanistas, paisagistas, engenheiros, entre outros profissionais, e estão sendo consideradas como tipologias da infraestrutura verde, por serem compreendidas como mecanismos alternativos ecológicos para controle da drenagem urbana. Neste sentido, Herzog (2013) explica que

A infraestrutura verde, também chamada de infraestrutura ecológica, é um conceito que tem evoluído rapidamente e se tornado mais abrangente nos últimos anos. É fundamentada nos conhecimentos da ecologia da paisagem e da ecologia urbana. Compreende a cidade como um sistema socioecológico, por meio de uma visão holística, sistêmica. (HERZOG, 2013, p. 111).

Ferreira e Machado (2010, p. 81) explicam que infraestrutura verde quando utilizada em projetos urbanos, insere, conserva ou recupera a “estrutura ecológica” do local da intervenção, por possibilitar a integração do “sistema azul” (circulação da água) com o “sistema verde” (produção de biomassa).

poderão: (a) manter níveis de água altos por muito tempo na superfície; (b) ter pouco efeito na redução do volume final do hidrograma” (TUCCI, 2005a, p.79-80).

⁴² “As bacias ou reservatórios de amortecimento, tanto de infiltração quanto de detenção e retenção, têm como objetivos principais reduzir o volume de escoamento superficial, através do armazenamento da água, e amortecer as vazões nos picos de cheias a jusante” (BOTELHO, 2011, 97).

⁴³ “As bacias de infiltração são depressões no terreno com a finalidade de reduzir o escoamento, remover alguns poluentes e promover a recarga das águas subterrâneas. Podem ser construídas às margens das rodovias e estradas vicinais. Ao longo das rodovias de pista dupla, podem ser construídas valas de drenagem centrais gramadas, que funcionam também como uma bacia de infiltração e se integram bem à paisagem” (BOTELHO, 2011, 97).

⁴⁴ “As bacias de detenção são tanques com espelho d’água permanente, construído com os objetivos de reduzir o escoamento, sedimentar sólidos em suspensão e ainda permitem o controle biológico dos nutrientes” (BOTELHO, 2011, 97).

⁴⁵ “As bacias de retenção têm o mesmo objetivo das bacias de detenção, sendo que aquelas liberam as águas retidas mais lentamente do que estas” (BOTELHO, 2011, 97).

Por esta razão, a infraestrutura verde se apresenta como ferramenta de valorização das estruturas ecológicas presentes nos ecossistemas locais. Corner (2003) complementa:

The lesson of ecology and landscape for urbanism is that we might no longer simply see nature as something outside and remote – fullness in the city, emptiness outside in nature - but now more as an integrative system that is essentially soft and pliant adapting in time. A soft system –whether wetland, city or economy - has the capacity to absorb, transform and exchange information with its surroundings. (CORNER, 2003, p. 116).⁴⁶

Segundo Madureira (2012)

[...] as estratégias relativas à infra-estrutura verde metropolitana incidem cada vez mais no aproveitamento de recursos associados a estruturas lineares da paisagem preexistentes, naturais ou não, como sistemas fluviais ou infra-estruturas viárias e ferroviárias. A crescente importância dada às massas de água em contextos metropolitanos, designadamente à intrínseca continuidade dos sistemas fluviais, enquanto elemento de conexão da estrutura verde leva, inclusivamente, a que crescentemente se utilize o termo infra-estrutura verde e azul. (MADUREIRA, 2012, p. 34).

Para além dos aspectos apresentados por Madureira (2012), Herzog (2010a, p. 160) chama a atenção para o uso da infraestrutura verde em projetos de intervenções urbanas, a exemplo daqueles relacionados ao controle da drenagem urbana, nos quais o emprego desta técnica poderá contribuir para a resiliência das cidades frente à ocorrência de eventos climáticos, como inundações e ainda

[...] irá também evitar deslizamentos, na medida em que é preciso fazer levantamentos detalhados e evitar a ocupação de áreas inadequadas, com a revegetação de encostas. A infraestrutura verde analisa 6 fatores que interagem na cidade: geológico, hidrológico, biológico, social, circulatório e metabólico (entradas e saídas de energia e matéria). (HERZOG, 2010a, p. 160).

Frente à estas possibilidades, Franco (2010, p. 141) enfatiza sua relevância ao explicitar que o “Planejamento e Desenho Ambiental, Infraestrutura Verde podem ser entendidos como uma rede interconectada de áreas verdes naturais e outros espaços abertos”, os quais “conservam valores e funções ecológicas, sustentam ar e

⁴⁶ “A lição da ecologia e paisagem para o urbanismo é que podemos não mais simplesmente ver a natureza como algo externo e distante – abundante na cidade e vazio fora na natureza – mas agora mais em um sistema integrativo que é essencialmente leve e maleável adaptando em tempo. Um sistema leve – seja em um pântano, cidade ou economia – tem a capacidade de absorver, transformar e trocar informações com seus arredores.” (CORNER, 2003, p. 116 – Tradução nossa).

água limpos e ampliam a variedade de benefícios para as pessoas”. Para Benedict e McMahon (2002b, p. 6) “*elements of a green infrastructure network need to be protected over the long term. This requires long-range planning and management, as well as an ongoing commitment*”⁴⁷.

Tais prerrogativas explicitam a necessidade de priorizar uma metodologia adequada para orientação do processo de concepção de um plano de infraestrutura verde. Segundo a *Compañía de Parques Nacionales de Puerto Rico* (2005), alguns fatores contribuem para o sucesso de um plano de infraestrutura verde:

Factores que contribuyen al éxito de un plan de infraestructura verde

1. *Utilizar un enfoque adecuado en el proceso de planificación.*
2. *Organizar el grupo de trabajo.*
3. *Tener una visión clara de lo que se quiere hacer.*
4. *Identificar los elementos que se van a incluir en el sistema o red y la escala en la cual se va a trabajar.*
5. *Hacer proyecciones futuras: es más fácil y más efectivo, en cuanto a costos y resultados, proteger el ambiente que restaurar los procesos naturales que han sido alterados.*
6. *Sustentar el sistema de infraestructura verde con datos y conocimientos científicos.*
7. *Fortalecer el proceso de participación ciudadana, incluyendo las ONG's y agencias públicas como el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, la Junta de Planificación, el Departamento de Transportación y Obras Públicas y la Compañía de Parques Nacionales, entre otros.*
8. *Incluir diversos ecosistemas en la red que muestren la variedad y riqueza ecológica.*
9. *Incorporar a la gente, sus necesidades y deseos, en el diseño de la red, proveyendo espacios y oportunidades para su uso y disfrute.*
10. *Incorporar mecanismos para el mantenimiento de las instalaciones.*

(COMPAÑÍA DE PARQUES NACIONALES DE PUERTO RICO, 2005, p. 75)⁴⁸.

Para a *Compañía de Parques Nacionales de Puerto Rico* (2005, p. 64), é importante que os planos e projetos utilizem a infraestrutura verde como um

⁴⁷ “Elementos de uma rede de infraestrutura verde precisam ser protegidos a longo prazo. Isto requer planejamento e gerenciamento de longo alcance, bem como um comprometimento contínuo.”(BENEDICT; MCMAHON, 2002b, p. 6 – Tradução nossa)

⁴⁸ “Fatores que contribuem para o sucesso de um plano de infraestrutura verde: 1. Utilizar uma abordagem adequada no processo de planejamento 2. Organizar grupo de trabalho. 3. Ter uma visão clara do que você quer fazer. 4. Identificar os elementos que devem ser incluídos no sistema ou rede, e a escala em que ele vai funcionar. 5. Projetando o futuro: é mais fácil e mais eficaz, em termos de custos e resultados, proteger o meio ambiente para restaurar os processos naturais que foram alteradas. 6. Sustentar o sistema de infraestrutura verde, com dados e conhecimentos científicos. 7. Reforçar o processo de participação dos cidadãos, incluindo as ONGs e órgãos públicos, como o Departamento de Recursos Naturais e Meio Ambiente, da Diretoria de Planejamento, o Departamento de Transportes e Obras Públicas e do National Parks empresa, entre outros. 8. Incluem diversos ecossistemas na net que mostram a variedade e riqueza ecológica. 9. Incorporar as pessoas, suas necessidades e desejos, em projeto de rede, proporcionando espaços e oportunidades para uso e gozo. 10. Incorporar mecanismos para a manutenção das instalações.” (COMPAÑÍA DE PARQUES NACIONALES DE PUERTO RICO, 2005, p. 75 – Tradução nossa)

elemento de integração do uso do solo nos municípios. Neste sentido, Froehlich, Hurtado e Pearsoll (2008) explicam que

La infraestructura de áreas verdes es un concepto de planificación y diseño que enfatiza los sistemas naturales sanos como cimientos para las actividades humanas. Este enfoque responde a las diferencias tradicionales entre las prioridades de planificación a corto plazo y a largo plazo, que han llevado a emergencias ambientales [...]. (FROEHLICH; HURTADO; PEARSOLL, 2008, p. 75)⁴⁹.

Nesta corrente, Cormier e Pellegrino (2008, p. 128) propõem que o planejamento da infraestrutura verde deve partir de uma escala regional conjugada ao planejamento de bacias hidrográficas,

[...] na escala regional essa rede de espaços é composta de parques, corredores verdes e espaços naturais preservados; e, se forem enraizados nos princípios sólidos da ecologia da paisagem e do planejamento de bacias, esses espaços livres tradicionais podem ser a base para um sistema de infra-estrutura verde. Mas podemos expandir essa rede, se aplicarmos criativamente os sistemas naturais para atender aos desafios de readequação da infra-estrutura urbana já implantada, especialmente aqueles relacionados à drenagem e à qualidade da água. (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 128).

Na escala local, Herzog (2010b, p.05) explica que as “tipologias multifuncionais de infraestrutura verde têm sido desenvolvidas de modo a manter ou restabelecer as dinâmicas naturais dos fluxos hídricos e bióticos”, com também tem ajudado a “melhorar e estimular a circulação e o conforto das pessoas, e a redução do consumo de energia”.

São inúmeros benefícios prestados pela incorporação das tipologias, como: promover a infiltração, detenção e retenção das águas das chuvas no local, evitando o escoamento superficial; filtrar as águas de escoamento superficial nos primeiros 10 minutos da chuva, provenientes de calçadas e vias pavimentadas contaminadas por resíduos de óleo, borracha de pneu e partículas de poluição; permitir a permeabilidade do solo; prover habitat para a biodiversidade; amenizar as temperaturas internas em edificações e mitigar as ilhas de calor; promover a circulação de pedestres e bicicletas em ambientes sombreados, agradáveis e seguros; diminuir a velocidade dos

⁴⁹ “O planejamento da infraestrutura das áreas verdes é um conceito de planejamento e desenho (design) que enfatiza os sistemas naturais saudáveis como subsídios” para as atividades humanas. Esta abordagem às diferenças entre as prioridades do planejamento tradicional de curto prazo e longo prazo, que levaram a emergências ambientais [...]” (FROEHLICH; HURTADO, PEARSOLL, 2008, p. 75 – Tradução nossa)

veículos; conter encostas e margens de cursos d'água para evitar deslizamentos e assoreamento. (HERZOG, 2010b, p. 05-06).

Conforme os apontamentos de Herzog (2010b) ficam evidenciados os benefícios da utilização da infraestrutura verde em projetos urbanísticos, tanto naqueles voltados ao controle da drenagem urbana, como nos de recuperação de áreas degradadas e valorização paisagística do espaço urbano.

Deste modo, a adoção da infraestrutura verde em projetos de intervenções urbanas, pode representar a quebra de paradigmas através da promoção da construção de cidades sustentáveis⁵⁰ e inteligentes, que contribuem para a oferta de espaços multifuncionais⁵¹ (drenagem urbana, serviços ambientais⁵², equilíbrio e convivência com a natureza, lazer e recreação, dentre outros) que buscam a melhoria da qualidade de vida e ambiental para todos que vivem em cidades.

3.1 Tipologias da Infraestrutura Verde aplicadas à Drenagem Urbana

⁵⁰ “O conceito de cidade sustentável reconhece que a cidade precisa atender aos objetivos sociais, ambientais, políticos e culturais, bem como aos objetivos econômicos e físicos de seus cidadãos. É um organismo dinâmico tão complexo quanto à própria sociedade e suficientemente ágil para reagir com rapidez às suas mudanças que, num cenário ideal, deveria operar em ciclo de vida contínuo, sem desperdícios [...]. A cidade sustentável deve operar segundo um modelo de desenvolvimento urbano que procure balancear, de forma eficiente, os recursos necessários ao seu funcionamento, seja nos insumos de entrada (terra urbana e recursos naturais, água, energia, alimento, etc.), seja nas fontes de saída (resíduos, esgoto, poluição, etc.)” (LEITE; AWAD, 2012, p. 135)

⁵¹ “*En el enorme cambio de escala actual de los sistemas sociales, con sus consecuencias en las grandes aglomeraciones urbanas, el respeto y el rescate de las grandes interfaces naturales constituye la nueva frontera de los espacios abiertos de escala multitudinaria. Podemos visualizar así, un territorio urbano superpuesto o entrelazado a una red natural perdurable, y en esa trama compleja y diversificada recobrar calidad de vida, biodiversidad y escala humana en cada fragmento, barrio o porción del sistema.*” (PESCI,2003, p 111) - “A enorme mudanças de escala atual dos sistemas sociais, com suas consequências nas grandes aglomerações urbanas, o respeito e o resgate das grandes interfaces naturais constituem a nova fronteira dos espaços abertos em diversas escalas. Podemos visualizar assim um território urbano superposto ou entrelaçado a uma rede natural perdurável, e nessa trama complexa e diversificada recobrar qualidade de vida, biodiversidade e escala humana em cada fragmento, bairro ou porção do sistema.” (PESCI,2003, p 111 – Tradução nossa)

⁵² “Serviço ambiental é a capacidade da natureza de fornecer qualidade de vida e comodidades, ou seja, garantir que a vida, como conhecemos, exista para todos e com qualidade (ar puro, água limpa e acessível, solos férteis, florestas ricas em biodiversidade, alimentos nutritivos e abundantes etc.), ou seja, a natureza trabalha (presta serviços) para a manutenção da vida e de seus processos e estes serviços realizados pela natureza são conhecidos como serviços ambientais.” (NOVION, Henry Phillippe Ibanes de. O que são serviços ambientais? Unidades de Conservação na Amazônia Brasileira. Disponível em <http://uc.socioambiental.org/servi%C3%A7os-ambientais/o-ques%C3%A3o-servi%C3%A7os-ambientais>. Acesso em: 04 jan.2015.)

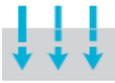
Muitos são os autores, entre eles podem ser mencionados Falcón (2007), Cormier e Pellegrino (2008), Franco (2010), Ferreira e Machado (2010), Singapore (2011) Herzog (2008, 2010, 2013), que consideram como tipologias de infraestrutura verde:

- Espaços Verdes Permeáveis (jardins, parques, corredores verdes, praças, dentre outros);
- Bacia de Sedimentação;
- Bacias de Biorretenção (Jardins de Chuva);
- Biovaleta, Bioengenharia;
- Biótopos de Limpeza;
- Canteiro Pluvial;
- Fitodepuração;
- Grade Verde;
- Lago Seco (ou Bacia de Detenção);
- Lagoa pluvial (ou Bacia de Retenção ou Biorretenção);
- Pavimentos Porosos, Teto Verde, dentre outras.

Deste modo, a infraestrutura verde quando aplicadas ao desenho ambiental urbano, utilizam do sistema verde (biomassa) com a finalidade de controlar o sistema azul (águas urbanas) através da purificação, detenção, retenção, transporte e infiltração (Quadro 07).

E ainda, deverá ser o “suporte dos ecossistemas autóctones e da paisagem, deverá ter funções de corredor ecológico ao providenciar habitats para fauna e flora”, bem como “constituir um filtro de ar e água, funções sociais e culturais ao promover um equilíbrio estético e paisagístico, propiciando à população espaços livres de recreio, lazer e educação ambiental” (FERREIRA; MACHADO, 2010, p. 72)

Quadro 07 – Principais Funções Exercidas pela Infraestrutura Verde

	Purification	<i>Rainwater runoff can be purified through one or a combination of the following:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Sedimentation • Filtration • Biological uptake
	Detention	<i>To slow down the flow of rainwater runoff to ease the stress on the downstream stormwater management system. The runoff can be slowed down through a variety of methods, such as draining it through vegetation, increasing the roughness of an area or decreasing the gradient of the runoff surface and storing it temporarily (for a few hours) in an on-site facility.</i>
	Retention	<i>The purpose is to ease the stress on the downstream stormwater management system. Water is retained for a longer period of time (in a cistern, basin or pond) either for use at a later stage or until it is ready to be released to the surface drainage or waterbodies.</i>
	Conveyance	<i>Conveyance refers to the measure by which surface runoff is transported and directed from the point of initial rainfall to its final discharge. This is necessary for flood control.</i>
	Infiltration	<i>Infiltration is the process by which water seeps into the ground to recharge groundwater and aquifers, and has the added benefit of purification.</i>

Fonte: Singapore (2011a, p. 30-31)⁵³. Adaptado por Benini, 2012.

Entretanto, deve ser destacado que as funções da infraestrutura verde (SINGAPORE, 2011a), terão maior eficácia se houver interconexão com uma rede natural de espaços verdes.

Essa rede de espaços interconectados, na escala do planejamento urbano e regional, pode ser vista como uma 'infra-estrutura verde', composta de áreas naturais e outros tipos de espaços abertos que conservam os valores dos ecossistemas naturais e suas funções como mananciais, controle ambiental, regulação climática, recreação e lazer, provendo uma ampla gama de benefícios para a sociedade. Já na escala do projeto, aqui tratada, os espaços que compõem essa rede infra-estrutural podem ser integrados em quase todas as paisagens urbanas, se quisermos expandir seu

⁵³ **“Purificação:** O escoamento de águas pluviais pode ser purificado através de uma ou a combinação dos seguintes itens: Sedimentação, Filtração, Captação biológica; **Detenção:** Para diminuir do fluxo do escoamento de águas pluviais para aliviar o estresse no sistema de gerenciamento de jusante de águas pluviais. O escoamento pode ser desacelerado através de vários métodos, bem como drenagem por vegetação, aumento de irregularidade de uma área ou diminuição do declive da superfície de escoamento e armazenagem temporária (por algumas horas) e numa instalação no local; **Retenção:** A finalidade é aliviar o estresse no sistema de gerenciamento de jusante de águas pluviais. A água é retida por um período não muito longo (uma cisterna, dique ou tanque) tanto para uso posterior ou até que esteja pronta para ser liberada para a superfície de drenagem ou corpos; **Transmissão:** A transmissão refere-se à medida pela qual a superfície de escoamento é transportada e direcionada de um ponto de chuva inicial até seu descarte final. Isto é necessário para o controle de inundação; **Infiltração:** Infiltração é o processo pelo qual a água infiltra no solo para recarregar o lençol freático e os aquíferos, e tem o adicional do benefício de purificação.” (SINGAPORE, 2011a, p. 30-31 – Tradução Nossa)

desempenho e acelerar sua aplicação, em uma dimensão a qual pode ter um impacto significativo no incremento da qualidade ambiental de áreas já urbanizadas. (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 127-128).

Neste sentido, antes de qualquer intervenção urbana, devem ser considerados os problemas e potencialidades ambientais do local, tendo em vista a incorporação dos princípios e técnicas da infraestrutura verde, a qual permite identificar os espaços de maior fragilidade – ambientalmente mais sensíveis, portanto prioritários para o tratamento e alcance das possibilidades oferecidas.

3.1.1 Espaços Verdes Permeáveis

Na medida em que as cidades foram crescendo, houve uma diminuição tanto em quantidade, como em qualidade dos espaços verdes remanescentes, restando apenas fragmentos de massa vegetal dispersos e sem conectividade com o tecido urbano. Essa condição tem levado à perda/diminuição da qualidade de vida da população e levou à percepção do problema, não apenas como necessidades sócio culturais, mas como elementos naturais estratégicos que poderiam responder às necessidades de manter ou restabelecer as dinâmicas naturais dos fluxos hídricos e bióticos do ecossistema urbano.

Com os elevados índices de deslocamento populacional, principalmente após a revolução industrial, as cidades são sobrecarregadas por demandas de toda ordem, desequilibrando não somente as condições físicas, como também socioespaciais. Neste contexto, a busca por soluções torna-se emergencial para todos os setores que compõem e mantêm a cidade, principalmente, quando se considera que tais espaços abrigam um número cada vez maior de pessoas que vêm do campo para viver nas cidades em busca de novas e melhores oportunidades de vida.

Todo esse contexto colabora para um processo de reflexão, de onde emerge o conceito de espaço verde urbano, com a finalidade de buscar alternativas técnicas que possibilitem a recuperação e reprodução dos elementos da natureza nas cidades, que podem contribuir para uma melhor qualidade de vida. Tais apontamentos permitem concluir que, a incorporação de espaços verdes no meio urbano, tem por fundamento reestabelecer as funções que colaboram para o

equilíbrio do ecossistema em processo contínuo no tempo e no espaço em qualquer que seja a escala considerada, além de reafirmar um modelo de planejamento capaz de responder às diversas demandas ainda presentes em muitas cidades brasileiras, notadamente aquelas relacionadas ao sistema de drenagem.

Nas últimas décadas os espaços verdes, independente de sua tipologia, vêm sendo cada vez mais integrados em programas de políticas públicas, o que pode ser atribuído à uma maior percepção ambiental demonstrada pelos diversos segmentos sociais no que se refere não somente à importância da preservação e conservação desses elementos – vinculados ao despertar de uma consciência ambiental, mas principalmente aos inúmeros benefícios promovidos pela implantação desses espaços nas cidades. O contexto apresentado evidencia a importância da consciência ambiental para a incorporação de elementos naturais em projetos de intervenção urbana, respaldando novas proposições voltadas à implantação de sistemas de arborização, parques ecológicos dentre as diversas tipologias que compõem a infraestrutura verde, as quais são justificadas em razão de uma extensa gama de fatores positivos já explicitados em tópicos anteriores.

A partir desses breves apontamentos, cabem algumas especificações relacionadas ao enquadramento tipológico dos espaços verdes, particularmente os permeáveis que podem ser de domínio público ou privado e cujo uso e/ou função variam segundo a tipologia (Quadro 08).

Quadro 08 – Tipologia, Usos e/ou Função dos Espaços Verdes Permeáveis

TIPOLOGIA	DOMÍNIO	USO E/OU FUNÇÃO
Áreas Verdes Públicas (BENINI, 2009)	Público	Jardins Urbanos, Parques Urbanos, Parques Lineares, Corredores Verdes
Espaços destinados a edifícios públicos e outros equipamentos urbanos (Art. 2º, § 4º, da Lei 6.766/79, facultado ao Poder Município legislar sobre a matéria)	Público	Áreas para iluminação, e ventilação e de servidão de recuo nos terrenos urbanos
Espaços Livres Privados (Art. 2º, § 4º, da Lei 6.766/79, facultado ao Poder Município legislar sobre a matéria)	Privado	Áreas para iluminação, e ventilação e de servidão de recuo nos terrenos urbanos
Praças (Art. 17, da Lei 6.766/79)	Público	Logradouro Público

TIPOLOGIA	DOMÍNIO	USO E/OU FUNÇÃO
Sistema Viário (Art. 7º, Inciso II, da Lei 6.766/79, facultado ao Poder Municipal legislar sobre a matéria)	Público	Passeio Público
		Pista (Leito Carroçável)
		Acostamento
		Canteiro Central
		Rotatória
Área de Preservação Permanente Faixa não-edificável (Art. 4º, Inciso III, da Lei 6.766/79, facultado ao Poder Municipal legislar sobre a matéria, para impor maiores exigências)	Público e Privado	Ao longo dos rios, ribeirões e córregos
Faixa não-edificável (Art. 4º, Inciso III, da Lei 6.766/79, facultado ao Poder Municipal legislar sobre a matéria, para impor maiores exigências)	Público e Privado	Reserva de faixa ao longo de dormentes
Faixa não-edificável (Art. 4º, Inciso III, da Lei 6.766/79, facultado ao Poder Municipal legislar sobre a matéria, para impor maiores exigências)	Público	Reserva de faixas de domínio público das rodovias e ferrovias
Faixa não-edificável (Art. 4º, § 3º da Lei 6.766/79, facultado por exigência de licenciamento ambiental)	Público e Privado	Reserva de faixas para as dutovias
Faixa non aedificandi (Art. 5º, Inciso III, da Lei 6.766/79, sendo que o parágrafo único deste artigo considera urbanos os equipamentos públicos de abastecimento de água, serviços de esgotos, energia elétrica, coletas de águas pluviais, rede telefônica e gás canalizado)	Público	Reserva de faixas para equipamentos urbanos
Faixa sanitária (Art. 7º, inciso IV, da Lei 6.766/79, facultado ao Poder Municipal legislar sobre a matéria)	Público e Privado	Escoamento de águas pluviais

Dentre as tipologias dos espaços verdes permeáveis, destacam-se as áreas verdes públicas, que segundo Benini (2009) são todos os espaços livres (área verde/lazer), que foram afetados como de “uso comum” e

[...] que apresente algum tipo de vegetação (espontânea ou plantada), que possa contribuir em termos ambientais (fotossíntese, evapotranspiração, sombreamento, permeabilidade, conservação da biodiversidade e mitigue os efeitos da poluição sonora e atmosférica) e que também seja utilizado com objetivos sociais, ecológicos, científicos ou culturais. (BENINI, 2009, p. 112).

Nos espaços urbanos, as áreas verdes públicas (jardins, parques urbanos, parques lineares, corredores verdes) além de oferecerem inúmeros benefícios ambientais (combate à poluição do ar através da fotossíntese; regulação da umidade e temperatura do ar; contribuição à permeabilidade, fertilidade e umidade do solo, protegendo contra processos erosivos; redução dos níveis de ruído servindo como amortecedor do barulho das cidades, dentre outros) contribuem para a qualidade ambiental urbana.

Os jardins são espaços destinados à permanência e contemplação da natureza, enfatizam o caráter sociocultural, lazer, recreação e os aspectos biofísicos no contexto urbano, podem ser considerados como um elemento estruturador da paisagem, pois permite a conectividade entre os elementos arquitetônicos da cidade.

Todavia deve-se destacar que esses espaços culturalmente recebem a denominação de praça⁵⁴, gerando certa confusão para identificação das áreas verdes públicas. Neste sentido, praça enquanto uma das tipologias apresenta uma categoria diferenciada de logradouro, afetada como de uso comum (Lei de Parcelamento de Solo, Lei Federal nº 6.766/79), com construções de significativo valor arquitetônico, onde segundo Silva (2008), estão estritamente relacionadas com a “função social, religiosa, cívica, etc”.

No tocante aos parques urbanos⁵⁵, deve-se considerar que essa tipologia é caracterizada no tecido urbano (em regra) por grandes manchas verdes. Falcón (2007, p. 46) explica que os “*parques cuentan con una cobertura vegetal importante,*

⁵⁴ “Logradouro público por excelência [...]. A praça como tal, para reunião de gente e para exercício de um sem-número de atividades diferentes, surgiu entre nós, de maneira marcante e típica, diante de capelas ou igrejas, de conventos ou irmandades religiosas. Destacava, aqui e ali, na paisagem urbana estabelecimentos de prestígio social. Realçava-lhe os edifícios; acolhia os frequentadores. [...] A praça cívica, diante de edifícios públicos importantes são raras entre nós” (MARX, 1980, p. 49-50).

⁵⁵ “Considera como parque todo espaço de uso público destinado à recreação de massa, qualquer que seja o seu tipo, capaz de incorporar intenções de conservação e cuja estrutura morfológica é auto-suficiente, isto é, não é diretamente influenciada em sua configuração por nenhuma estrutura construída em seu entorno” (MACEDO; SAKATA, 2002, p. 14). Os “espaços livres (especialmente os parques)” deveriam ser considerados como um “elemento de integração social”, uma vez que permitia a convivência de “diferentes classes sociais poderiam conviver, criando um espaço gregário (para os grandes grupos) e de vizinhança (fomentando as relações familiares e de amizade)” (GALENDER, 2005, p. 02).

*en la que domina el estrato arbóreo, pero también muestran una presencia considerable de arbustos y de plantas vivaces y tapizante”.*⁵⁶

*Estas zonas verdes están pensadas para que todas las generaciones de la población puedan disfrutar de ellas. Para ello, disponen de diferentes espacios, definidos para usos específicos o bien polivalentes, de manera que en una misma zona pueden realizarse actividades para todas las edades. En general, los parques contemporáneos cuentan con dos partes diferenciadas, definidas por los materiales que las conforman: un área suave y verde, y una zona dura y pavimentada, cada una de ellas con una función y un tratamiento específicos. (FALCÓN, 2007, p. 46)*⁵⁷.

Os parques urbanos, em razão da escala em que são projetados, além de contribuírem significativamente com a qualidade ambiental, podem se tornar espaços multifuncionais, a exemplo do Parque do Ibirapuera⁵⁸, que comporta não só o prédio do Museu de Arte Moderna (MAM), mas também, o Pavilhão da Bienal, a Oca, o Pavilhão Japonês, o Planetário, o lago e o Viveiro, os quais estão inseridos numa ampla área verde (Figura 20).

⁵⁶ “Os parques têm uma vegetação importante, denominada estrato arbóreo, mas também mostram uma significativa presença de arbustos e plantas perenes e de cobertura do solo” (FALCÓN, 2007, p. 46 - Tradução Nossa).

⁵⁷ “Estes parques são projetados para que todas as pessoas possam se beneficiar deles. Para fazer isso, os espaços oferecem recursos para diferentes usos, específico ou polivalente até que, em uma determinada área, podendo oferecer atividades ali por muito tempo. Em geral, os parques contemporâneos têm duas partes distintas, definidas pelos materiais que compõem: uma área verde suave, e uma área pavimentada, cada um com uma função específica e tratamento.” (FALCÓN, 2007, p. 46 - Tradução Nossa).

⁵⁸ Inaugurado em 21 de agosto de 1954, o Parque Ibirapuera foi projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer, em parceria com o famoso paisagista Roberto Burle Marx. Disponível em <<http://www.cidadedesapaulo.com/sp/o-que-visitar/pontos-turisticos/212-parque-do-ibirapuera>> Acesso em 27 out. 2013.

Figura 20 - Parque do Ibirapuera



Fonte: Disponível em: < <http://www.parquedoibirapuera.com> > Acesso em 26 out. 2013.

Numa escala menor, os parques lineares e os corredores verdes, a exemplo dos parques urbanos, são tipologias de áreas verdes públicas, as quais são inseridas no tecido urbano pelo desenho ambiental, agregando os atributos dos espaços multifuncionais. Neste sentido, Herzog (2010b) define os parques lineares e os corredores verdes como

[...] parques lineares ao longo de rios, estes devem ser corredores verdes multifuncionais. Devem ter vegetação adequada às condições variáveis de umidade e ser nativa. Os corredores verdes, além de proteger e manter a biodiversidade, têm função de infiltrar as águas das chuvas, evitar o assoreamento dos corpos d'água, abrigar vias para pedestres e ciclistas, áreas de lazer e contemplação. (HERZOG, 2010b, p. 11).

Para Herzog (2010b) os parques lineares são espaços verdes multifuncionais que estariam conectados⁵⁹, a exemplo do Parque Várzeas do Tiete em São Paulo (Figura 21)

⁵⁹ Corredores verdes “são planejados, projetados e manejados, têm sido definidos como sendo extensões lineares que podem ser de terra ou de água, e os sistemas que são formados por eles (redes de corredores). Possibilitam usos e funções múltiplas, como: manejo das águas das chuvas, conservação de fragmentos de ecossistemas naturais ou recuperados, uso como vias de transporte alternativo e áreas de lazer, melhora da qualidade de vida dos habitantes, proteção e ligação de

Figura 21 - O Parque Várzeas do Tietê (Parque linear com 75 km de extensão)



Fonte: Disponível em: < <http://ciclovivo.com.br> > Acesso em 26 out. 2013.

Conforme caracterizado na Figura 21, Falcón (2007), explica que os parques lineares podem ser caracterizados como

[...] una tipología de zona verde que, en general, se trabaja poco desde el urbanismo y la planificación de la ciudad. Si acaso, los valores ambientales que aportan se han desarrollado desde otra disciplina, la ecología, según la cual actúan como conectores de diferentes zonas verdes y como correa de transmisión de la biodiversidad urbana. Su aportación a la trama verde urbana, sin embargo, va más allá de los aspectos meramente medioambientales, y se convierte en una herramienta de cohesión social. Los parques lineales brindan unos beneficios sociales y culturales, puesto que se plantean como un trayecto que recorre diferentes barrios y partes de la ciudad, y que se adapta a la idiosincrasia y a las características de los habitantes del lugar por el que transcurre. (FALCÓN, 2007, p. 47)⁶⁰.

Segundo Madureira (2012, p. 36) Frederick Law Olmsted foi o responsável pela definição e implementação das primeiras estruturas lineares de conexão entre

importantes áreas culturais e sejam acessíveis a todas as camadas sociais da população pela sua proximidade das áreas habitadas". (HERZOG, 2008, p. 2)

⁶⁰“[...] uma tipologia verde que, em geral, é pouco trabalhada no urbanismo e no planejamento da cidade. Os valores ambientais que apresentam, foram trazidos de outra disciplina, a ecologia, e segundo a qual atuam como conectores de diferentes zonas verdes e como cordão de transmissão da biodiversidade urbana. Sua contribuição na trama verde urbana, entretanto, vai mais além dos aspectos ambientais e se converte em uma ferramenta de coesão social. Os parques lineares fornecem benefícios sociais e culturais, uma vez que possuem um trajeto que percorre diferentes bairros e partes da cidade, e que se adapta à idiosincrasia e às características dos habitantes do lugar por onde passa.” (FALCÓN, 2007, p. 47 -Tradução Nossa)

parques e áreas verdes (“parkway”), a qual antecedeu a proposta dos corredores verdes⁶¹ (“greenway”). Neste sentido, Falcón (2007) complementa

El concepto de 'corredor verde' surge a finales del siglo XX, procedente del ámbito de la ecología. Su función principal es la conexión de los diferentes elementos que configuran el paisaje-bosques, superficies agrícolas, ríos, caminos, etc.-, que hace posible el flujo de agua, materias, fauna o seres humanos, además de permitir la existencia de una trama interrelacionada. De manera equivalente, la aplicación de este concepto en las ciudades - conexión entre las diferentes zonas verdes, y entre éstas y el espacio periurbano - comporta la creación de una trama de verde que está formada por el arbolado viario, los parques lineales y las pequeñas piezas ajardinadas, y que realizan las funciones de corredor entre los grandes parques y jardines, y entre éstos y el medio natural que rodea las urbes. (FALCÓN, 2007, p. 45)⁶².

Falcón (2007) e Herzog (2008, p. 8) afirmam que a implantação de corredores verdes⁶³, permite a “conectividade entre fragmentos remanescentes de ecossistemas naturais”, contribuindo assim, para que “espécies e populações” circulem entre os “diversos fragmentos que compõem o mosaico da paisagem. Esse movimento pode ocorrer durante períodos de tempo variáveis, dependendo da espécie”. Nesta corrente, Franco (2010) explica que

Como infraestrutura verde entende-se que as áreas verdes existentes e futuras devem ser organizadas e entendidas como redes verdes interconectadas, tendo nos grandes parques e áreas protegidas suas

⁶¹ “Os corredores verdes, portanto, são definidos como uma rede de espaços lineares servindo a usos múltiplos, preferivelmente, acompanhando corredores ecológicos. Dessa forma prestam-se a essa função a beiras d’água, tanto costeiras quanto continentais, as linhas de cumeieira, fundos de vale e áreas de alta declividade. Assim os corredores verdes ligam grandes e pequenas áreas protegidas, os corpos d’água e áreas úmidas os sítios de significado histórico e cultural. Os corredores verdes ganham força ao formarem redes de mobilidade segura, dando prevalência ao pedestre e aos meios de transporte movidos a energia não poluente, recuperando a memória de antigos caminhos e trilhas e incorporando o valor paisagístico dos percursos e sítios notáveis. Aí entra em cena de forma contundente a idéia da liberação da dependência do automóvel, o uso da bicicleta e o andar a pé”. (FRANCO, 2010, p. 144)

⁶² O conceito de "corredor verde" surgiu no final do século XX, buscando uma ecologia do campo. A sua função principal é a conexão dos diferentes elementos que compõem a paisagem, florestas, campos agrícolas, rios, estradas, etc - que permite que o fluxo de água, materiais, animais ou seres humanos, e permite a existência de uma trama inter-relacionada. Equivalentemente, a aplicação deste conceito em cidades - A conexão entre diferentes áreas verdes, e entre estes e o espaço periurbano - envolve a criação de uma estrutura verde é formado pelas árvores na estrada, parques lineares e trechos de jardins pequenos e executar a funções corredor entre grandes parques e jardins, e entre eles e o ambiente natural envolvente cidades.” (FALCÓN, 2007, p. 45 - Tradução Nossa)

⁶³ Corredores verdes oferecem possibilidades de conciliar múltiplos usos para o homem com o convívio cotidiano com áreas naturais, ou recuperadas. Por serem espaços abertos lineares, podem ser projetados ao longo de rios e córregos, lagos, brejos e áreas alagáveis, em linhas de cumeada e encostas – áreas que devem ser protegidas pela sua fragilidade e importância ecológica. (HERZOG, 2008, p. 17)

‘áreas-núcleo’ principais, nos parques lineares, ruas e avenidas arborizadas seus “corredores verdes”, funcionando como tentáculos ou ‘links’ de conexão.

A infraestrutura verde ganha eficiência quando suas ligações - os corredores verdes – contam com meios de transporte não motorizado e não poluente, como o modo de andar a pé e o transporte ciclo-viário, apoiado pela infraestrutura viária e metroviária eficientes. Além disso, a infraestrutura verde deve estar conectada e entrelaçada à rede de espaços culturais de esporte e lazer de cada distrito e da Cidade em geral. (FRANCO, 2010, p. 145).

Franco (2010) apresenta outros exemplos, demonstrando que os corredores verdes podem ser caracterizados no tecido urbano como estruturas verdes lineares, a exemplo da Rua Gonçalo de Carvalho em Porto Alegre (Figura 23 e 24).

Figura 22 e 23 - Rua Gonçalo de Carvalho, Porto Alegre



Fonte: MAIS PETRÓPOLIS. **IBGE destaca Acessibilidade e Arborização de Porto Alegre.** Disponível em: < <http://maispetropolis.wordpress.com/2012/05/28/ibge-destaca-acessibilidade-e-arborizacao-de-porto-alegre/> > Acesso em 26 out. 2013.

Em conformidade com os apontamentos apresentados por Franco (2010), torna-se possível afirmar a importância dos corredores verdes no espaço urbano, pois além de valorizarem a paisagem urbana, contribuem para o conforto ambiental (minimizam o ruído e os efeitos da poluição do ar e ajudam a regular a umidade e a temperatura) e para drenagem urbana⁶⁴.

⁶⁴ [...] um plano que abrange a bacia de drenagem e deve ter um projeto holístico, multifuncional e estético adequado à paisagem local. São ruas arborizadas, que integram o manejo de águas pluviais (com canteiros pluviais), reduzem o escoamento superficial durante o período das chuvas, diminuem a poluição difusa que é carregada de superfícies impermeabilizadas, possibilitam dar visibilidade aos processos hidrológicos e do funcionamento da infraestrutura verde. (HERZOG, 2010b, p. 09).

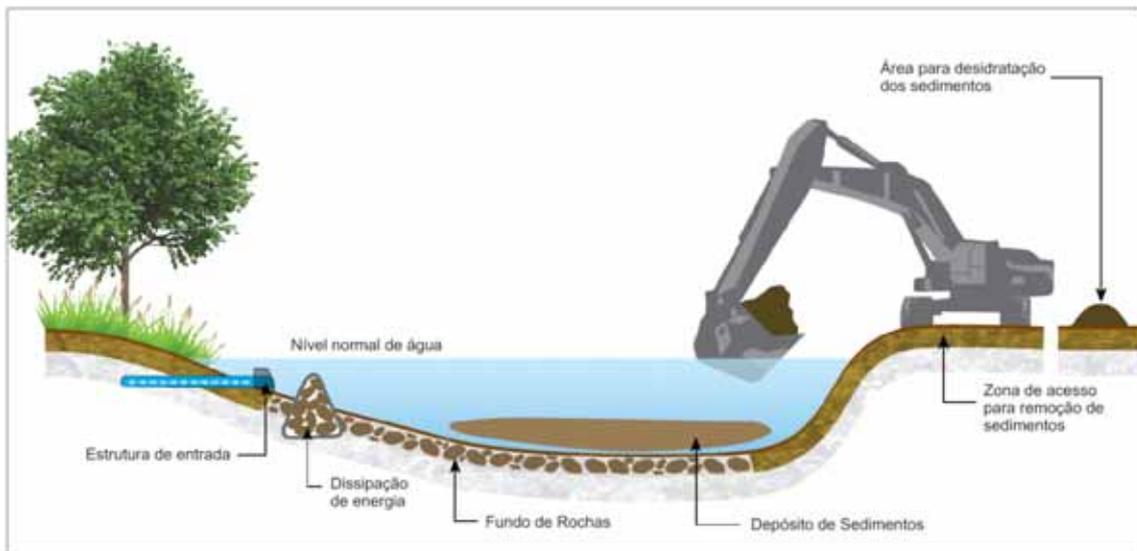
3.1.2 Bacia de Sedimentação

A bacia de sedimentação pode ser considerada como uma tipologia da infraestrutura verde com função de constituir-se num elemento de retenção da água e sedimentação.

Sedimentation basins are ponds that provide temporary retention and a reduction of stormwater flow velocity to promote the settling of particles by gravity. They are designed to capture 70% to 90% of coarse to medium-sized sediments (typically above 125 μ m) that can then be removed periodically. Sedimentation basins are deployed as pre-treatment units which could be applied to constructed wetlands and bioretention basins. (SINGAPORE, 2011a, p. 38)⁶⁵.

A função principal da bacia de sedimentação é a de capturar sedimentos grosseiros e de médio porte, como medidas de pré-tratamento. A segunda função das bacias de sedimentação é controlar ou regular os fluxos que entram no sistema de drenagem (Figura 24).

Figura 24 - Seção Típica de uma Bacia de Sedimentação



Fonte: SINGAPORE, 2011a, p. 38 – Tradução Nossa

⁶⁵ “Bacias de sedimentação são lagos que proporcionam retenção temporária e redução da velocidade do fluxo da água pluvial para promover a fixação de partículas pela gravidade. Elas são designadas a capturar 70% a 90% dos sedimentos grandes e médios (tipicamente acima de 125 μ m) que podem assim serem removidos periodicamente. As bacias de sedimentação são abertas como unidades de pré-tratamento que podem ser aplicadas para pantanais construídos e diques de biorretenção.”(SINGAPORE, 2011a, p. 38 -Tradução Nossa).

Como pode ser observado na Figura 24, a bacia de sedimentação é uma estrutura aplicada à drenagem urbana que tem como objetivo diminuir a velocidade da água, bem como reter sedimentos, pelo processo de decantação.

Para Singapore (2011a), a bacia de sedimentação pode vir a oferecer os seguintes benefícios:

- *Slow down the runoff to protect downstream features;*
- *Easy sediment removal;*
- *Durable with appropriate maintenance;*
- *Added environmental benefit with wetland plants around the edge;*
- *Can be designed as an aesthetic water feature;*
- *Stored water can be used for non-potable uses.*(SINGAPORE, 2011a, p. 39)⁶⁶.

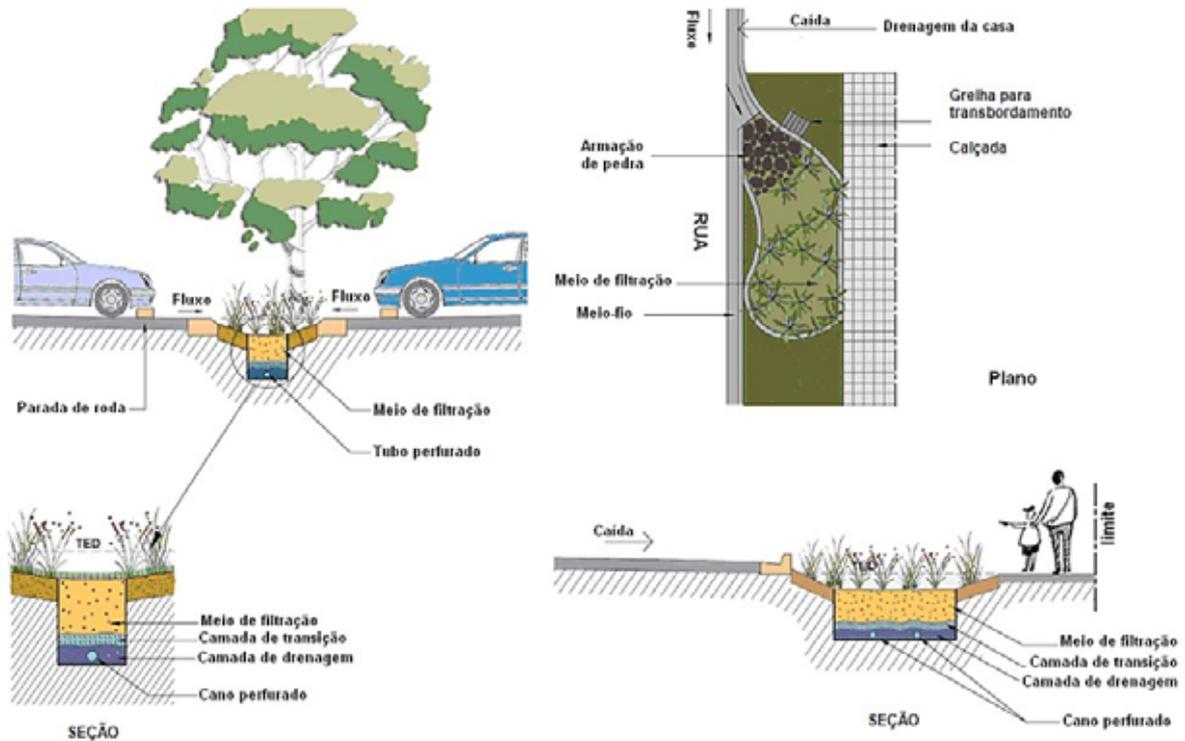
Além desses benefícios, deve-se destacar que a bacia de sedimentação por ser uma tipologia aplicada na infraestrutura verde, compõe a paisagem de forma harmoniosa.

3.1.3 Bacias de Biorretenção (Jardins de Chuva)

As bacias de biorretenção (Figuras 25 e 26), também conhecidas como jardins de chuvas, podem ser caracterizadas por depressões de terras vegetadas destinadas a deter e tratar as águas do escoamento superficial (SINGAPORE, 2011a, p. 36)

⁶⁶“Diminuir o escoamento para proteger as características da jusante; Fácil remoção dos sedimentos; Duração com manutenção apropriada; Benefício ambiental adicional com plantas de pântanos ao redor da borda; Pode ser desenhado como uma característica estética de água; A água armazenada pode ser usada para fins não potáveis” (SINGAPORE, 2011a, p. 39 -Tradução Nossa).

Figura 25 - Exemplo de Bacia de Biorretenção (Jardim de Chuva) na Paisagem Urbana, em um Parque de Estacionamento.



Fonte: SINGAPORE, 2011b, p.2 - Tradução Nossa

Conforme apresentado na Figura 25 por Singapore (2011a, p. 36), a bacia de biorretenção permite que haja *“the runoff is filtered through densely planted surface vegetation and then percolated through a prescribed filter media (soil layer)”*. (SINGAPORE, 2011a, p. 36)⁶⁷

⁶⁷ “[...] o escoamento é filtrado através de uma superfície de vegetação densa e então filtrada por um meio de filtração prescrito (camada de solo).” (SINGAPORE, 2011a, p. 36 - Tradução Nossa)

Figura 26 - Seção Típica de uma Bacia de Biorretenção (Jardim de Chuva)



Fonte: SINGAPORE, 2011a, p. 36 - Tradução nossa

The vegetation in a bioretention system is a vital functional element of the system both in terms of maintaining the hydraulic conductivity of the filter media and the uptake of nutrients. The plants selected for bioretention basins should have fibrous root systems to help keep the soil porous, and be able to withstand wet and dry conditions. It is also good to select plants with good nutrient removal capabilities. (SINGAPORE, 2011a, p. 36)⁶⁸.

Em síntese, a bacia de biorretenção permite a redução da velocidade do fluxo, assim como a infiltração e purificação natural das águas pluviais (SINGAPORE, 2011a).

3.1.4 Biovaleta

Para Cormier e Pellegrino (2008, p. 32) as biovaletas, ou valetas de biorretenção vegetadas, “são semelhantes aos jardins de chuva, mas geralmente se referem a depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes, que processam uma limpeza da água da chuva”, sendo que nesta estrutura, “ao mesmo tempo em que aumentam seu tempo de escoamento, dirigindo este para os jardins de chuva ou sistemas convencionais de retenção e detenção das águas”.

⁶⁸“A vegetação em um sistema de biorretenção é um elemento funcional vital do sistema, ambos em termos de manutenção da condutividade hidráulica do meio de filtração e captação de nutrientes. As plantas selecionadas para os diques de biorretenção devem ser de raízes fibrosas para ajudar a manter o solo poroso, e ser capaz de suportar condições úmidas e secas. É bom também selecionar plantas com boa capacidade de remoção de nutrientes.” (SINGAPORE, 2011a, p. 36 - Tradução Nossa)

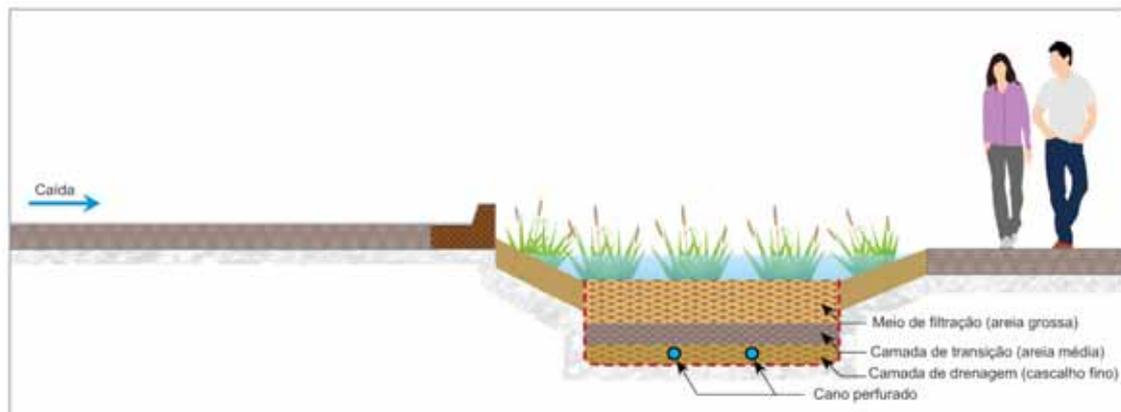
Desse modo, cabe aos jardins de chuva fazerem a maior parte do trabalho de infiltração no solo, mas a biovaleta também contribui, filtrando os poluentes trazidos pelo escoamento superficial ao longo de seu substrato e da vegetação implantada. A luz do sol, o ar e os microrganismos decompõem os poluentes que ficam retidos na vegetação. Eles são, geralmente, usados para tratar os escoamentos de ruas e de estacionamentos. (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 132).

Biovaletas, ou valetas de biorretenção vegetadas semelhantes funcionam como um elemento de transporte e detenção, bem como, tem a função de sedimentação, filtração ou absorção biológica.

They provide efficient treatment of stormwater and are designed with gentle gradient and temporary ponding (extended detention) to facilitate infiltration. Runoff is cleansed as it percolates downwards. The filtered water is then collected by perforated subsoil pipes and conveyed to downstream waterways. (SINGAPORE, 2011a, p. 34)⁶⁹.

Biovaletas são depressões lineares com vegetação, que limpam a água de chuva, podendo ser amplamente aplicadas para tratar o escoamento das estradas, parques de estacionamento, áreas residenciais, dentre outros (Figuras 27 e 28).

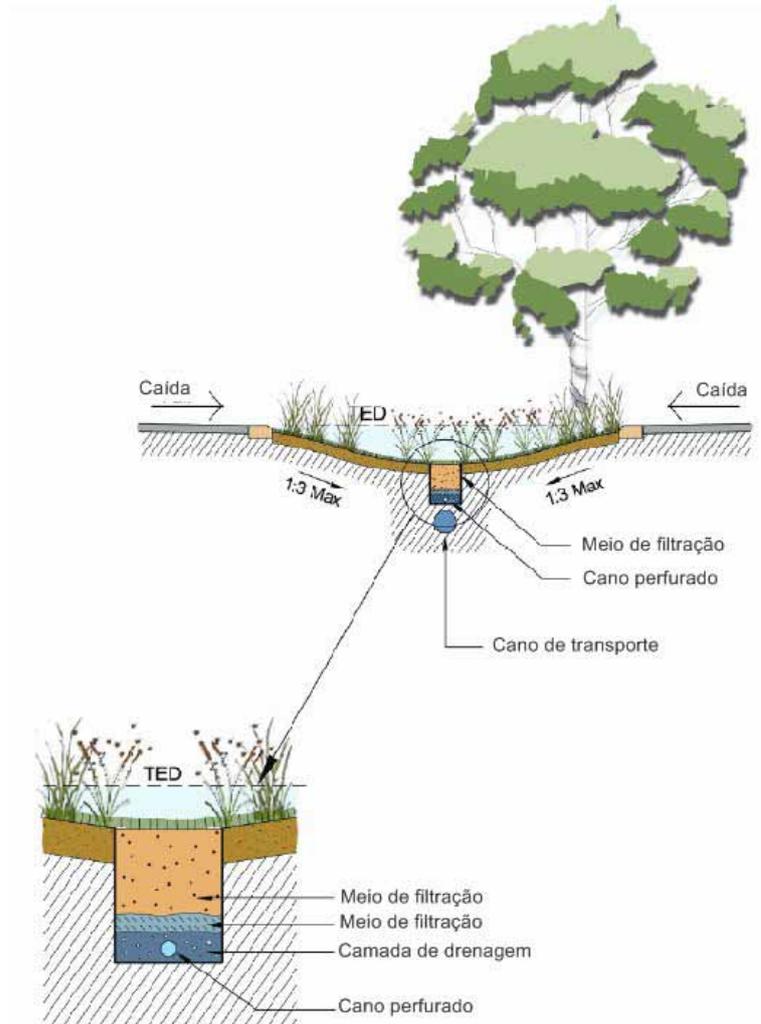
Figura 27: Seção Típica de Valas de Biorretenção



Fonte: SINGAPORE, 2011a, p. 34 – Tradução Nossa

⁶⁹“Eles promovem tratamento eficiente para águas pluviais e são desenhados com leve declive e lagoa temporária (detenção estendida) para facilitar a infiltração. A água é limpa enquanto se infiltra. A água filtrada é então coletada por canos perfurados no subsolo e transportados para os lençóis freáticos.” (SINGAPORE, 2011a, p. 34 - Tradução Nossa)

Figura 28 - Vala de Biorretenção



Fonte: SINGAPORE, 2011c, p. 01

Conforme foi apresentado na figura 27 e 28, essa tipologia da infraestrutura verde ajuda a disciplinar as águas pluviais, assim como ajuda no processo de infiltração e limpeza de sedimentos tanto pelo dreno, como pelo processo natural de infiltração.

Surface runoff is first filtered through the surface vegetation, removing coarse to medium sediments. It then percolates through a filter media where fine particles are removed and soluble nutrients are uptaken by the roots of the plants and soil microbes. Vegetation plays a key role in maintaining the porosity of the soil media of the bioretention system and also in the uptaking of nutrients from the percolating surface runoff. (SINGAPORE, 2011a, p. 34)⁷⁰.

⁷⁰ “A água da superfície é filtrada primeiramente através de uma vegetação de superfície, removendo sedimentos grossos e médios. Então, é transportado por um filtro onde partículas finas são removidas e nutrientes solúveis são captados por raízes e micróbios do solo. A vegetação tem um papel

Herzog (2010b, p. 07) explica que as biovaletas são “jardins lineares em cotas mais baixas ao longo de vias e áreas de estacionamentos” que recebem “as águas contaminadas por resíduos de óleos, borracha de pneus, partículas de poluição e demais detritos”, promovendo assim uma “filtragem inicial”.

Figura 29 - Biovaletas



Fonte: CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 132.

Conforme observado na Figura 29, as biovaletas são compostas de várias células de retenção, as quais estão ligadas entre si para facilitar o extravasamento da água pluvial de forma que ocorra em sequência, conforme a declividade do terreno (CORMIER; PELLEGRINO, 2008).

3.1.5 Bioengenharia

Singapore (2011a) conceitua a bioengenharia como

[...] a construction technique that harnesses the inherent qualities and capabilities of natural materials (plants, stones, branches, roots etc.) for the purpose of structural integrity, be it in a natural environment (such as stabilising a river embankment) or a constructed space (retaining walls supporting roads and buildings). (SINGAPORE, 2011a, p. 48)⁷¹.

importante na manutenção da porosidade do solo, meio do sistema de biorretenção e também na captação de nutrientes desde a infiltração na superfície.” (SINGAPORE, 2011a, p. 34 - Tradução Nossa).

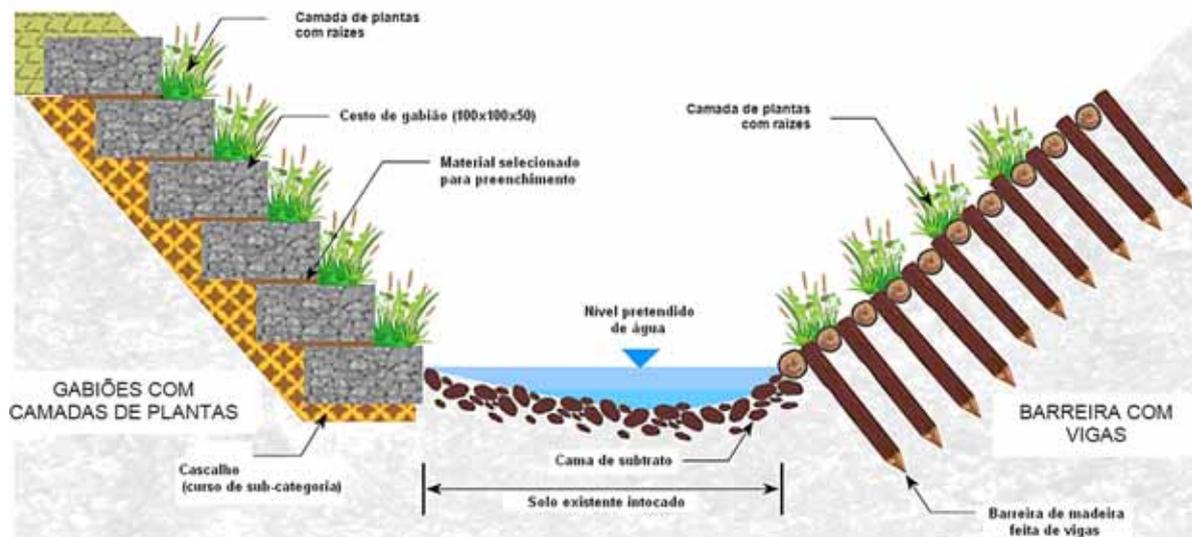
⁷¹ “A bioengenharia é uma técnica de construção que aproveita as qualidades inerentes e capacidades dos materiais naturais (plantas, pedras, galhos, raízes, etc.) para finalidade de

Para Durlo e Sutili (2012), o conceito de bioengenharia se aplica ao

[...] conhecimento das exigências e características biológicas da vegetação, de sua capacidade para a solução de problemas técnicos de estabilização de margens e encostas, combinado com a construção de grande simplicidade, caracteriza o que é chamada de bioengenharia, engenharia biológica, engenharia biotécnica, também denominada de construção verde ou ainda construção viva. (DURLO; SUTILI, 2012, p. 113).

Kruedener (1951) explica que as técnicas que utilizam elementos naturais (vivos), para o controle de processos erosivos, são denominadas de “bioengenharia de solos”. Segundo Herzog (2010b, p. 06) e Singapore (2011a), bioengenharia se constitui de técnicas ecológicas de “contenção de muros, taludes e encostas que utilizam conhecimentos milenares, com a combinação de materiais inertes e vegetação” e estão sendo resgatadas com o objetivo de “substituir técnicas convencionais de engenharia para contenção de encostas e margens de corpos d’água” (Figuras 30).

Figura 30 - Seção Transversal que mostra Técnicas de Bioengenharia Utilizadas nas Vertentes do Canal



Fonte: Singapore (2011^a), p. 48 - Tradução nossa.

integridade estrutural, seja em um ambiente natural (tal como estabilizar um aterro de rio) ou um espaço construído (paredes de retenção auxiliando estradas e prédios).” (SINGAPORE, 2011a, p. 48 - Tradução Nossa)

Conforme observado na figura 30, a bioengenharia enquanto uma tipologia da infraestrutura verde propõe uma solução técnica para o problema de contenção de encostas, considerando critérios ecológicos, econômicos e estéticos. Segundo Durlo e Sutili (2012, 116), essa tipologia da infraestrutura verde procura manter a “morfologia do canal natural, com meandros e perfis transversais assimétricos e sugere-se a preservação ou a criação de habitats naturais para a flora e a fauna”.

Neste sentido, para melhor compreensão dos benefícios do uso da vegetação no emprego da bioengenharia, Durlo e Sutili (2012) apresentam o quadro 09:

Quadro 09 - Efeitos da Vegetação sobre a Estabilidade de Encosta. A = Efeitos Adversos da Vegetação; B = Efeitos Benéficos da Vegetação.

EFEITOS HIDROLÓGICOS		EFEITOS MECÂNICOS	
COPA			
Retêm (evaporam) parte do volume de água, reduzindo a precipitação efetiva;	B	Aumento da força normal , pelo peso da copa e do tronco;	A/B
Reduzem a força de impacto das gotas da chuva e, conseqüentemente, da erosão;	B	Protegem o solo da ação direta dos raios solares e do vento;	A/B
Aumentam o tamanho das gotas, o que resulta em maior impacto localizado;	A	Captam as forças dinâmicas do vento e a transmitem ao talude pelo tronco e sistema radicular.	A
Reduzem a infiltração efetiva no talude, devido à evapotranspiração.	A/B		
SERRAPILHEIRA			
Aumenta a velocidade e a capacidade do armazenamento de água;	A/B	Absorve, em parte, o impacto mecânico que resulta do gotejamento e do trânsito de máquinas e animais;	B
Torna irregular e reduz a velocidade do escoamento superficial da água	B	Protege o solo de outras forças erosivas, como vento, temperatura, etc.	B
RAÍZES			
Melhora a infiltração superficial da água no solo;	A/B	Auxiliam na criação dos agregados do solo por ação física e biológica;	B
Com o aumento da porosidade do solo, melhoram a sua permeabilidade;	A/B	Aumentam substancialmente a resistência do solo ao cisalhamento;	B
Retiram parte da água infiltrada.	B	Redistribuem as tensões formadas nos pontos críticos;	B
Criação pressão neutras nos poros aumentando a coesão do solo.	A/B	Ancoram as linhas de fratura;	B
		Restringem os movimentos e ajudam a suportar o peso do talude	B

Fonte: DURLO; SUTILI, 2012, p. 76.

Entretanto, segundo Durlo e Sutili (2012), para alcançar os benefícios apresentados no quadro 09, é necessário considerar a aptidão biotécnica da

vegetação empregada no local, assim como, os critérios ecológicos⁷², fitosociológicos⁷³ e reprodutivos das espécies escolhidas.

No caso da aptidão biotécnica, Durlo e Sutili (2012) orientam que a planta selecionada deve apresentar fácil adaptação ao local e ter características fisiológicas adequadas, como:

- Resistam à exposição parcial de suas raízes em locais onde se prevê formas erosionais;
- Tenha sistema radical que permita a fixação do solo (talude), quer pelo comprimento, volume, distribuição e resistência das raízes, ou pela interação destas características;
- Resistam ao aterramento parcial, em locais onde se prevê formas deposicionais;
- Resistam ao apredrejamento (oriundo de barrancas altas e declivosas);
- Tenham capacidade de brotar após queda do ápice, ou corte intencional da parte aérea;
- Possuam, preferencialmente, a capacidade de se reproduzir por meios vegetativos;
- Apresentem alta ou baixa taxa de transpiração, em função de se desejar reduzir ou aumentar a umidade da área em questão;
- Possuam crescimento rápido. (DURLO; SUTILI, 2012, p. 78).

A utilização das técnicas de bioengenharia ajuda a recuperar a mata ciliar, evitando a erosão do solo e o assoreamento dos cursos da água, como exemplifica a figura 31.

⁷² “Para apreciação das condições do hábitat, deve-se levar em conta os principais fatores ecológicos, tais como temperatura, umidade, condições químicas e física do solo. Fatores mais específicos, como a radiação, por exemplo, embora pareçam menos importante, podem ser limitantes para a eleição de determinadas espécies. Em função da relação das plantas com o ambiente, por vezes é necessário que a escolha recaia, por exemplo, sobre espécies que sejam pouco exigente em umidade, matéria orgânica, determinados nutrientes, pH, etc, conforme seja um ou outro, o fator limitante” (DURLO; SUTILI, 2012, p. 77-78),

⁷³ Como critério fitosociológico, Durlo e Sutili (2012, p. 77), recomenda que nas “áreas de solos erodidos, encontram-se somente algumas comunidades iniciais, passando depois à comunidades de transição e posteriormente às comunidades finais. A função do técnico é, pois, conhecer essas sucessões (pela simples observação de locais semelhantes) e tentar acelerar esse processo, introduzindo, tão logo quanto possível, as plantas da comunidade de transição e final, de maior interesse para cada situação específica. Como ponto de partida a implantação de sucessão final pode-se tornar as características e climáticas do local. Para uma aceleração das sucessões é muito importante a observação das comunidades já existentes em locais erodidos mais antigos.”

Figura 31 - Técnica de Bioengenharia aplicada no Rio Kallang–Bishan, Singapore.



Fonte: PUB. **Kallang River-Bishan Park ABC Waters Project**. Disponível em <<http://www.pub.gov.sg/abcwaters/Publications/Pages/KallangRiver.aspx>> Acesso em 17 out. 2013.

Conforme observado na Figura 31, a bioengenharia enquanto tipologia da infraestrutura verde oferece vários benefícios:

- *Protects the soil surface from erosion caused by climatic elements (rain, wind);*
- *Reduces the velocity of water flow;*
- *Facilitates settlement and deposition of sand and silt, thus protecting the water quality of downstream waterbodies;*
- *Enhances soil fertility through retention of nutrient;*
- *Beautifies surrounding landscape;*
- *Increases soil integrity through establishing root networks;*
- *Encourages habitat creation and promotes biodiversity.* (SINGAPORE, 2011a, p. 41)⁷⁴.

⁷⁴“Protege a superfície do solo da erosão causada por elementos climáticos (chuva, vento); Reduz a velocidade do fluxo de água; Facilita o assentamento e depósito de areia e iodo, protegendo assim a qualidade da água dos lençóis freáticos; Melhora a fertilidade do solo através da retenção de nutrientes; Embeleza a paisagem ao redor; Aumenta a integridade do solo ao estabelecer redes de raízes; Encoraja a criação de habitat e promove biodiversidade.” (SINGAPORE, 2011a, p. 41 - Tradução Nossa)

Dentre os benéficos elencados por Singapore (2011a), deve-se considerar que essa tipologia da infraestrutura verde é recomendada para promoção da biodiversidade (flora e fauna), protegendo o solo e os corpos d'água.

3.1.6 Biótopos Purificadores

Os biótopos de limpeza exercem a função de detenção, sedimentação e absorção biológica (Figura 32 e 33).

Cleansing biotopes are a form of artificially constructed wetlands with recirculation. They consist of nutrient poor substrates that are planted with wetland plants which are known for their water cleansing capacity. (SINGAPORE, 2011a, p. 43)⁷⁵.

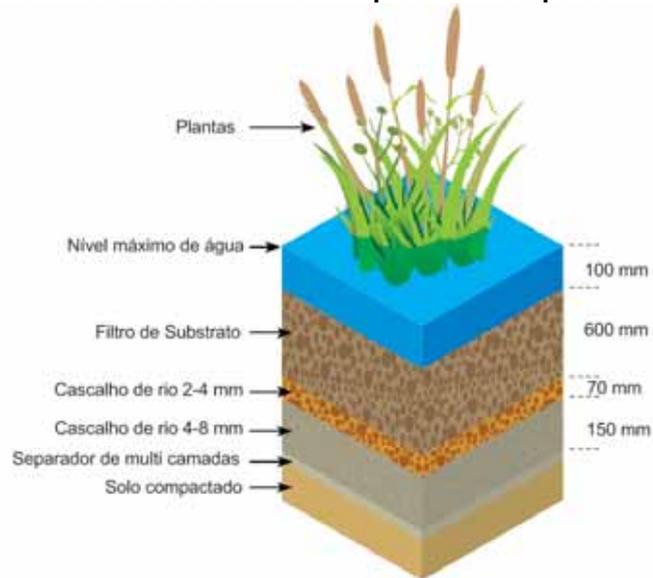
No contexto urbano, para implantação de obras de infraestrutura verde, eles podem ser utilizados em diversas situações:

- *Revitalisation of lakes and the cleansing of urban waterbodies;*
- *Outdoor areas, such as parks, open fields, ponds and lakes;*
- *Rooftop gardens, winter gardens in building interiors, open plazas next to buildings or even under elevated structures. (SINGAPORE, 2011a, p. 43)⁷⁶.*

⁷⁵Biótopos de limpeza são uma forma de pântanos artificialmente construídos com recirculação. Eles consistem de substratos pobres em nutrientes que são implantados com plantas de pântanos que são conhecidas por sua capacidade de purificação." (SINGAPORE, 2011a, p. 43 - Tradução Nossa)

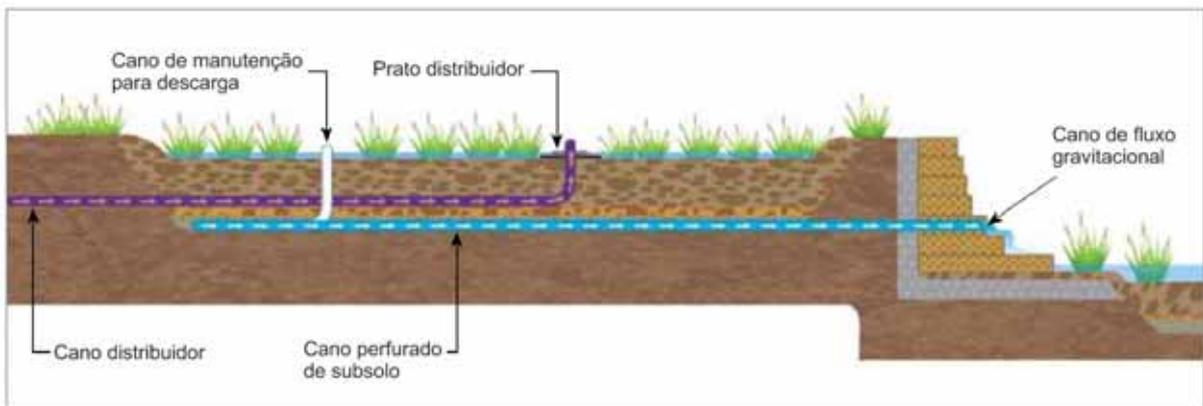
⁷⁶"Revitalização de lagos e limpeza de lençóis freáticos urbanos; Áreas ao ar livre, tais como parques, campos abertos, lagoas e lagos; Jardins no telhado, jardins de inverno dentro de prédios ou até mesmo embaixo de estruturas elevadas." (SINGAPORE, 2011a, p. 43 - Tradução Nossa)

Figura 32- Detalhes de um Perfil Típico de Biótopo de Limpeza



Fonte: SINGAPORE, 2011a, p. 43 - Tradução Nossa

Figura 33 - Seção Típica de um Biótopo de Limpeza



Fonte: SINGAPORE, 2011a, p. 43 - Tradução Nossa

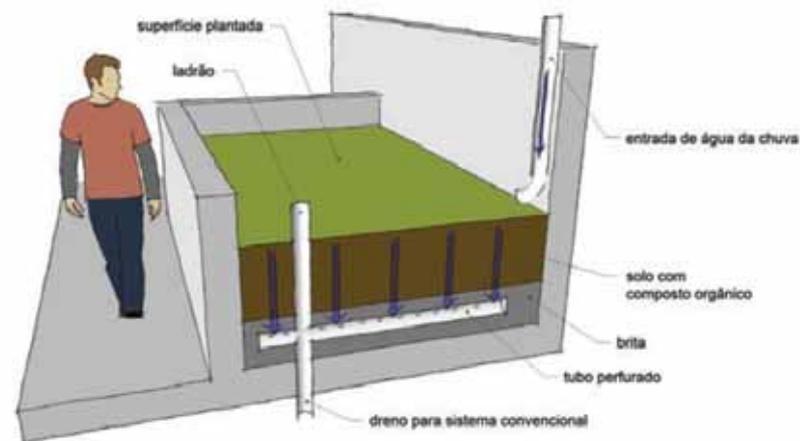
Por meio das ilustrações exemplificadas na figura 32 e 33, Singapore (2011a) esclarece que os biótopos de limpeza são utilizados para purificar naturalmente a águas pluviais, sem a utilização de produtos químicos, além disso, favorecem a criação de habitats e promovem a biodiversidade e embelezam a paisagem circunvizinha.

3.1.7 Canteiro Pluvial

Para Cormier e Pellegrino (2008, p. 130) os canteiros pluviais (Figura 34) são

[...] basicamente jardins de chuva que foram compactados em pequenos espaços urbanos. Um canteiro pode contar, além de sua capacidade de infiltração, com um extravasador, ou, em exemplos, sem infiltração, conta só com a evaporação, evapotranspiração e transbordamento.

Figura 34 - Canteiro Pluvial



Fonte: CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 131.

Herzog (2010b, p. 07) explica que esta tipologia da infraestrutura verde, pode ser considerada como uma bacia de biorretenção (jardim de chuva) de “pequenas dimensões em cotas mais baixas”, o que permite projetá-las em “ruas, residências, edifícios, para receber as águas do escoamento superficial de áreas impermeáveis”.

3.1.8 Fitodepuração

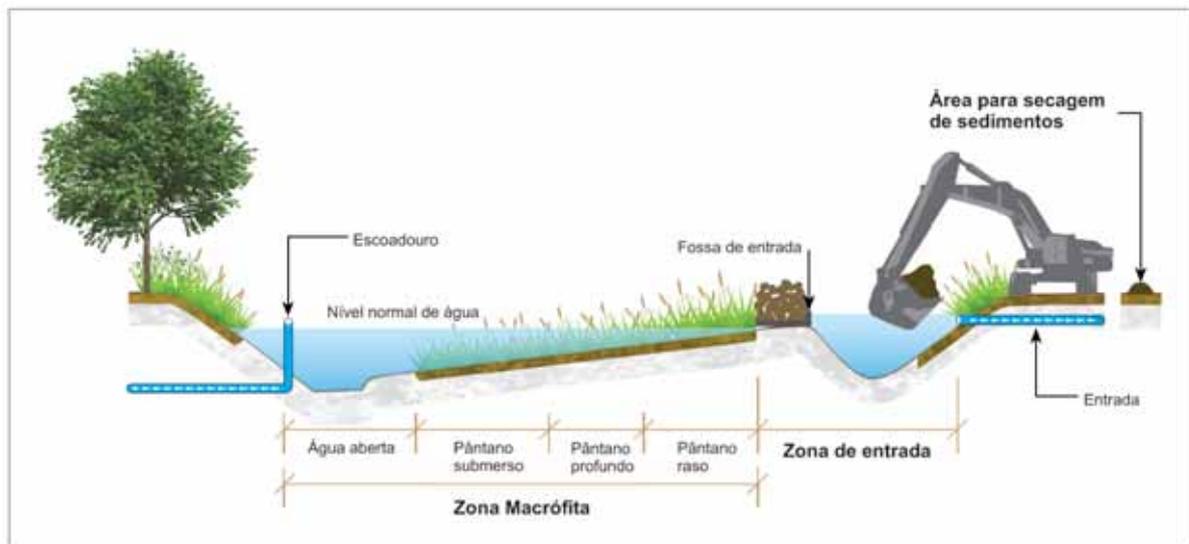
A fitodepuração tem por função constituir-se num elemento de retenção, sedimentação, absorção biológica. Estas técnicas estão presentes nos alagados construídos para a gestão das águas pluviais e podem ser adotadas em ambientes urbanos.

Os sistemas de alagados construídos são corpos d'água rasos e extensos, com vegetação e apresentam a seguinte morfologia:

- *An inlet zone (designed as a sedimentation basin to remove coarse to medium sized sediments);*
- *A macrophyte zone (a shallow heavily vegetated area to remove fine particles and soluble pollutants);*
- *A high flow bypass channel (to protect the macrophyte zone).* (SINGAPORE, 2011a, p. 40)⁷⁷.

Segundo Herzog (2010b, p. 06), são “áreas alagadas que recebem as águas pluviais, promovem a retenção e remoção de contaminantes”. A adoção dessas tipologias (sistemas de alagados) é importante, tendo em vista os impactos decorrentes do processo de urbanização, que tem colaborado para alteração da dinâmica das bacias hidrográficas e da qualidade das águas. Para situações como essa, é de grande importância à adoção de medidas técnicas, ao considerar que “os alagados devam ser construídos em locais adequados para a mitigação da poluição difusa, dentre outros serviços ecológicos” (Figura 35).

Figura 35 - Seção Típica de um Sistema de Alagados



Fonte: SINGAPORE, 2011a, p. 40 - Tradução Nossa

⁷⁷ “Uma zona de entrada (desenhada como uma bacia de sedimentação para remover sedimentos grossos a médios); Uma zona de macrófita (uma área de vegetação densa e baixa para remover partículas finas e poluentes solúveis); Um canal de alto fluxo (para proteger a zona de macrófita);” (SINGAPORE, 2011a, p. 40 - Tradução Nossa)

Singapore (2011a, p. 41) explica que essa tipologia da infraestrutura verde pode ser classificada em 3 (três) tipos: *Floating, Surface Flow and Sub-surface Flow Wetland*. Among them, the surface flow wetland is most suitable in treating surface runoff for sustainable stormwater management. (SINGAPORE, 2011a, p. 41)⁷⁸

Fluxo Wetland Surface - This wetland comprises marsh planting, with the water level kept at a constant depth. The marsh planting helps to remove impurities in the water, resulting in cleaner water.

Floating Wetland - The floating wetland is an engineered system that employs plants growing on a floating mat on the surface of the water. Rooted emergents (plants which grow in water, with leaves and flowers above the water surface) are selected for planting on floating wetlands. The plant roots also serve as a natural environment (or substrate) for the growth of a community of microorganisms which breaks down organic pollutants.

Sub-surface Flow Wetland - In this wetland, no water can be seen as it is flowing below the surface, through the filter media, which retains suspended solids. The roots of the plants absorb impurities in the water, thereby cleaning it. This wetland type is typically used to cleanse water with more organic content. (SINGAPORE, 2011a, p. 41)⁷⁹.

Para Singapore (2011a) os alagados construídos oferecem benefícios ao permitir que a água seja infiltrada e limpa naturalmente sem o uso de nenhum produto químico, assim como, promove a criação de habitats naturais favorecendo a biodiversidade, além de contribuir para o embelezamento da paisagem circunvizinha.

3.1.9 Grade Verde

Cormier e Pellegrino (2008, p. 137), as “grades verdes consistem na combinação das diversas tipologias anteriores, em arranjos múltiplos, que acabam

⁷⁸ “Flutuante, Fluxo de superfície e Fluxo Úmido de sub-superfície. Dentre eles, o Fluxo Úmido de superfície é o mais adequado para o tratamento de superfície para gerenciamento de águas pluviais de modo sustentável.” (SINGAPORE, 2011a, p. 40 - Tradução Nossa)

⁷⁹ “Fluxo Úmido de Superfície – Esta Área Úmida é formada de plantas típicas, com o nível de água mantido em uma profundidade constante. As plantas típicas ajudam a remover impurezas da água, resultando em águas mais limpas. Área Úmida Flutuante – A Área Úmida Flutuante é um sistema de engenharia que emprega o crescimento de plantas em uma esteira flutuante na superfície da água, com folhas e flores acima da superfície da água. Raízes emergentes (plantas que crescem na água, com folhas e flores acima da superfície da água) são selecionadas para plantar em pântanos flutuantes. As raízes das plantas também servem como um ambiente natural (ou substrato) para o crescimento de uma comunidade de microorganismos que degradam os poluentes orgânicos. Fluxo Úmido de Sub-superfície – Nesta Área Úmida, não se vê água, pois ela flui abaixo da superfície, através de um meio de filtração, que retém sólidos suspensos. As raízes das plantas absorvem impurezas na água, limpando-a assim. Este tipo de Área Úmida é tipicamente usado para limpar águas com maior conteúdo orgânico.” (SINGAPORE, 2011a, p. 41 - Tradução Nossa)

por conformar uma rede de intervenções para setores urbanos inteiros”, o que possibilita alcançar respostas técnicas com maior eficiência e aplicabilidade,

[...], tirando-se partido das tipologias mais adequadas para os diversos pontos, aumentando o desempenho geral do sistema. Se, por exemplo, em alguns trechos, os solos são argilosos e a topografia se apresenta íngreme, e, portanto, aqueles não se apresentam adequados para uma infiltração, com uma grade verde o escoamento superficial pode ser conduzido até outros lugares para infiltração ou armazenamento. (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 137).

Conforme explicado por Cormier e Pellegrino (2008), a utilização das “grades verdes” em um sistema de drenagem urbana, geralmente está associada a outras tipologias.

3.1.10 Lago Seco (ou Bacia de Detenção)

O Lago Seco ou Bacia de Detenção são depressões vegetadas que no período de chuvas recebem e retêm as águas pluviais, retardando a entrada das águas no sistema de drenagem, possibilitando, assim, a infiltração e a recarga de aquíferos.

Figura 36 - Lago Seco (ou Bacia de Detenção)



Fonte: Disponível em:
<<http://faroldereminescencias.blogspot.com.br/2011/06/prevencao-de-enchentes.html>> Acesso em: 29 jul. 2013

Conforme exemplificado pela Figura 36, esta tipologia da infraestrutura verde, pode vir a contribuir para a “diminuição do escoamento superficial, que causa enchentes”, sendo que em “tempos secos pode ser usada para lazer, recreação e atividades diversas. Pode ser projetada ao longo de vias, rios, em parques lineares e projetos de paisagismo públicos e privados de loteamentos e condomínios” (HERZOG, 2010b, p. 08).

3.1.11 Lagoa Pluvial (ou Bacia de Retenção ou Biorretenção)

As Lagoas Pluviais funcionam como “bacias de retenção e recebem o escoamento superficial por drenagens naturais ou tradicionais”, destacando que “dessas estruturas é que uma parte da água pluvial captada permanece retida entre os eventos de precipitação das chuvas” (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 134). Com a finalidade de complementar a ideia, Herzog (2010b) esclarece que a lagoa pluvial

É composta por uma bacia de retenção integrada ao sistema de drenagem da infraestrutura verde. Acomoda o excesso de água das chuvas, alivia o sistema de águas pluviais, evita inundações ao mesmo tempo em que pode contribuir para a descontaminação de águas poluídas por fontes difusas. Pode se constituir num habitat para diversas espécies dentro de áreas urbanas, além da possibilidade de se integrar a áreas de lazer e recreação públicas e privadas. Possibilita a infiltração e a recarga de aquíferos. Deve ser projetada em diversos pontos da bacia hidrográfica, e receber águas de biovaletas coletoras de outras superfícies impermeáveis. Podem substituir com vantagens os “piscinões” que têm sido usados em projetos de drenagem urbana. (HERZOG, 2010b, p. 08).

Figura 37 - Lagoa Pluvial



Fonte: HERZOG, 2010b, p. 08

Embora o cenário apresentado na Figura 37, seja um ambiente revestido de beleza plástica, é uma tipologia concebida a partir de orientações técnicas voltadas para as funções de drenagem e para isso foi definida uma capacidade de armazenamento que “acaba sendo o volume entre o nível permanente da água que contém e o nível de transbordamento aos eventos para os quais foi dimensionada” (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 134).

3.1.12 Pavimentos Porosos

Os pavimentos porosos se constituem numa alternativa, com a finalidade de assegurar a permeabilidade do solo urbano e ainda assim, permitir a mobilidade urbana (Figura 38).

Foto 38 - Piso Poroso na Calçada e na Gola da Árvore.



Permite circulação de pedestres em calçadas estreitas e área de proteção do solo para a saúde da árvore. Freiburg, Alemanha.
Fonte: HERZOG, 2010b, p. 09

Segundo Herzog (2010b, p. 09), existem diversas “formas de pavimento poroso (drenante), como: asfalto poroso, concreto permeável, blocos intertravados, brita e pedriscos, entre outros”, os quais possibilitam a “infiltração das águas, e fazem filtragem, além de reduzir o escoamento superficial”, sendo na maioria das vezes utilizados em “calçadas, vias, estacionamentos, pátios e quintais residenciais, parques e praças, entre outros”.

3.1.13 Teto Verde

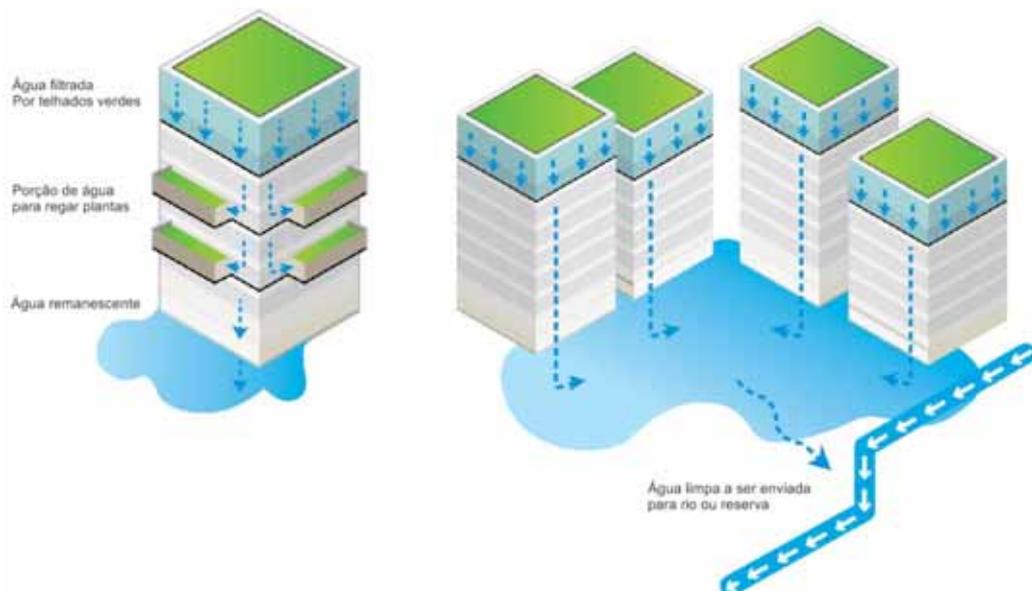
Segundo Herzog (2010b, p. 08), a “expressão ‘teto verde’ é utilizada para a cobertura vegetal que recobre lajes e telhados, coleta e filtra a água substituindo a área natural de infiltração das águas alterada pela edificação” (Figura 39 e 40).

Figura 39 – Teto Verde da Prefeitura de Chicago



Fonte: PAVABLOG. **Curitiba quer tornar teto verde obrigatório em edifícios.** Disponível em: <<http://www.pavablog.com/2013/04/18/curitiba-quer-tornar-teto-verde-obrigatorio-em-edificios/>> Acesso 27 out. 2013

Figura 40 - Água de Vários Telhados sendo Coletada para um Corpo D' água Maior

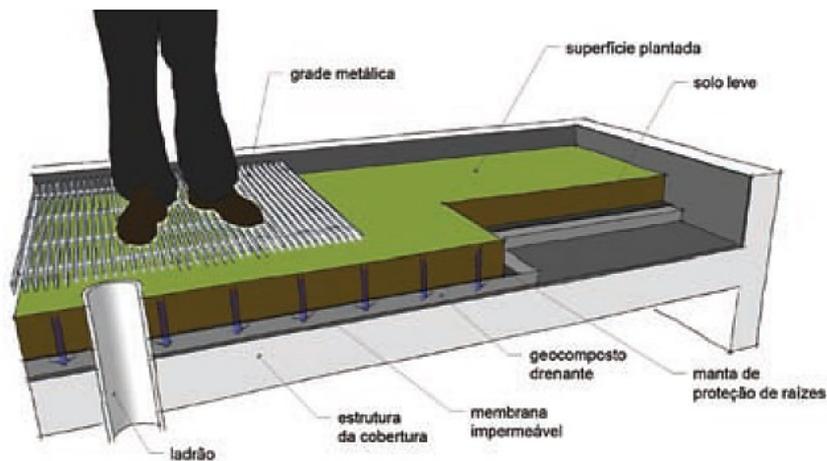


Fonte: SINGAPORE, 2011a, p. 21 – Tradução Nossa

Cormier e Pellegrino (2008) explicam que os tetos verdes

[...] absorvem água das chuvas, reduzem o efeito da ilha de calor urbano, contribuem para a eficiência energética das edificações, criam hábitat para vida silvestre e, de fato, estendem a vida da impermeabilização do telhado. Tetos verdes extensivos, ou leves, referem-se àqueles com uma seção estreita (5-15 cm), plantas de pequeno porte, como [...] gramíneas. Tetos verdes intensivos, ou aqueles que permitem maior sobrecarga, possuem profundidade maior (20-60 cm), podendo dispor de plantas de maior porte como herbáceas, arbustos e até mesmo pequenas árvores”. (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 135).

Figura 41 - Teto Verde



Fonte: CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 135.

Como exemplificado na Figura 41, os tetos verdes são basicamente uma cobertura de “vegetação plantada em cima do solo tratado com compostos orgânicos e areia”, espalhado sobre uma forração “composta por uma barreira contra raízes, um reservatório de drenagem e uma membrana à prova de água”. (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 13).

Neste capítulo foram apresentadas as diversas tipologias que integram o sistema de infraestrutura verde. Pelo fato de apresentarem características multifuncionais podem colaborar de modo significativo para melhoria da qualidade ambiental em cidades.

Os apontamentos apresentados neste capítulo são decorrentes de estudos desenvolvidos por autores especializados na matéria e permitem depreender que a infraestrutura do verde tem sido cada vez mais empregada como solução técnica em projetos de intervenção urbanística voltados a dar respostas aos problemas ligados às águas pluviais em áreas urbanas, dentre outros.

Para tanto, a partir das últimas décadas tem sido elaboradas diversas proposições de tipologias para emprego da infraestrutura verde nos mais diversos contextos, visando não apenas solucionar os problemas decorrentes de alagamentos, enchentes, como também elementos que valorizam o ambiente urbano através da arquitetura paisagística.

Com esse enfoque, a infraestrutura verde busca oferecer novas possibilidades técnicas ao sistema de drenagem urbana ao propor o uso adequado de jardins de chuva, lagoas de sedimentação, biovaletas, canteiros pluviais, dentre outras tipologias com a finalidade de subsidiar a adequada gestão do sistema de águas pluviais.

Frente às inúmeras melhorias que proporcionam, para além do sistema de drenagem urbana, é incontestável sua contribuição para a requalificação e revitalização de áreas degradadas, recomposição paisagística, assim como a recuperação da biodiversidade ao reestabelecer os ciclos naturais no ambiente urbano.

Em linhas gerais, o emprego da infraestrutura verde voltada às questões de drenagem urbana, necessita *a priori* de uma nova visão dos atores e agentes que tratam dessa problemática em qualquer instância de gestão, os quais devem considerar desde as normas urbanísticas e ambientais, como também as técnicas construtivas, viabilidade financeira, sem desconsiderar as condicionantes físicas e ambientais do contexto urbano, enquanto aspectos fundamentais a serem considerados em todo o processo, desde a sua concepção até a manutenção do sistema proposto para uma determinada localidade.

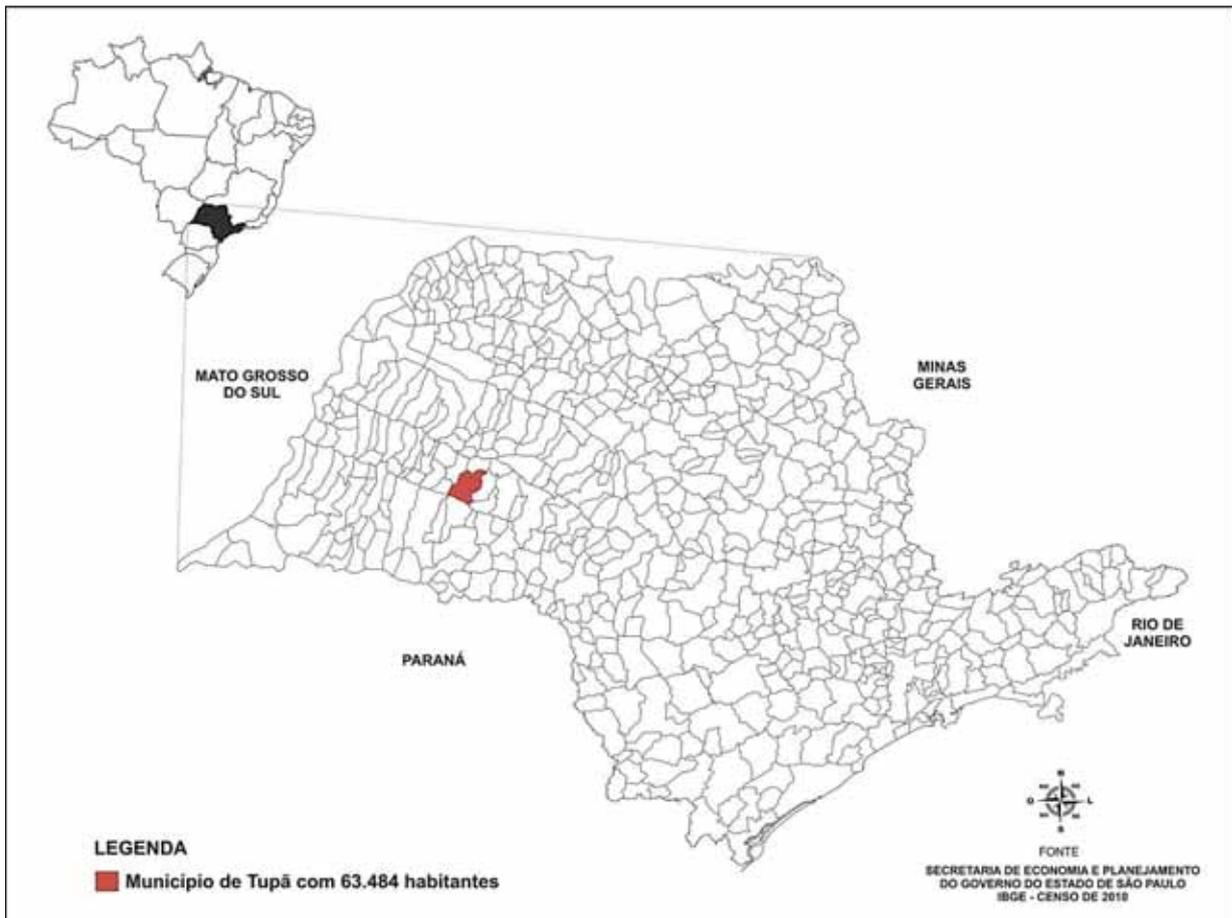
PLANO DE MACRODRENAGEM DE TUPÃ/SP

4 PLANO DE MACRODRENAGEM DE TUPÃ/SP

4.1 Estância Turística de Tupã/SP

Localizada a oeste do Estado de São Paulo, a Estância Turística Tupã faz divisa com os Municípios de Arco-Irís, Herculândia, Quintana, Quatá, Bastos, João Ramalho e Iacri. Segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite, o Município (Figura 42) está localizado na latitude 21° 56' 05" Sul e longitude 50° 30' 49" Oeste, no espigão formado por afluentes do Rio do Peixe e do Aguapeí (Rio Feio), pertencente às UGRHIs 20 e 21.

Figura 42 – Localização do Município de Tupã/SP



Os limites territoriais do Município de Tupã perfazem uma área de 628,5 km², que abrange os Distritos de Varpa, Distrito de Universo, Distrito de Parnaso e a cidade de Tupã.

Como a maioria das cidades do Estado de São Paulo, o traçado urbano original foi orientado por uma morfologia, a qual pode ser identificada por quadrícula ou modelo nominado por tabuleiro de xadrez⁸⁰, conformando seu arranjo espacial. Todavia, com o processo de expansão urbana agregou-se ao plano inicial, novos traçados, a exemplo do linear o qual, segundo Ferrari, (1977) proporcionava uma adaptação fácil ao sítio urbano, facilitando sua expansão, uma vez que permite a composição de uma densidade mais uniforme, circulação fácil, embora nem sempre feitas pelas distâncias mais curtas.

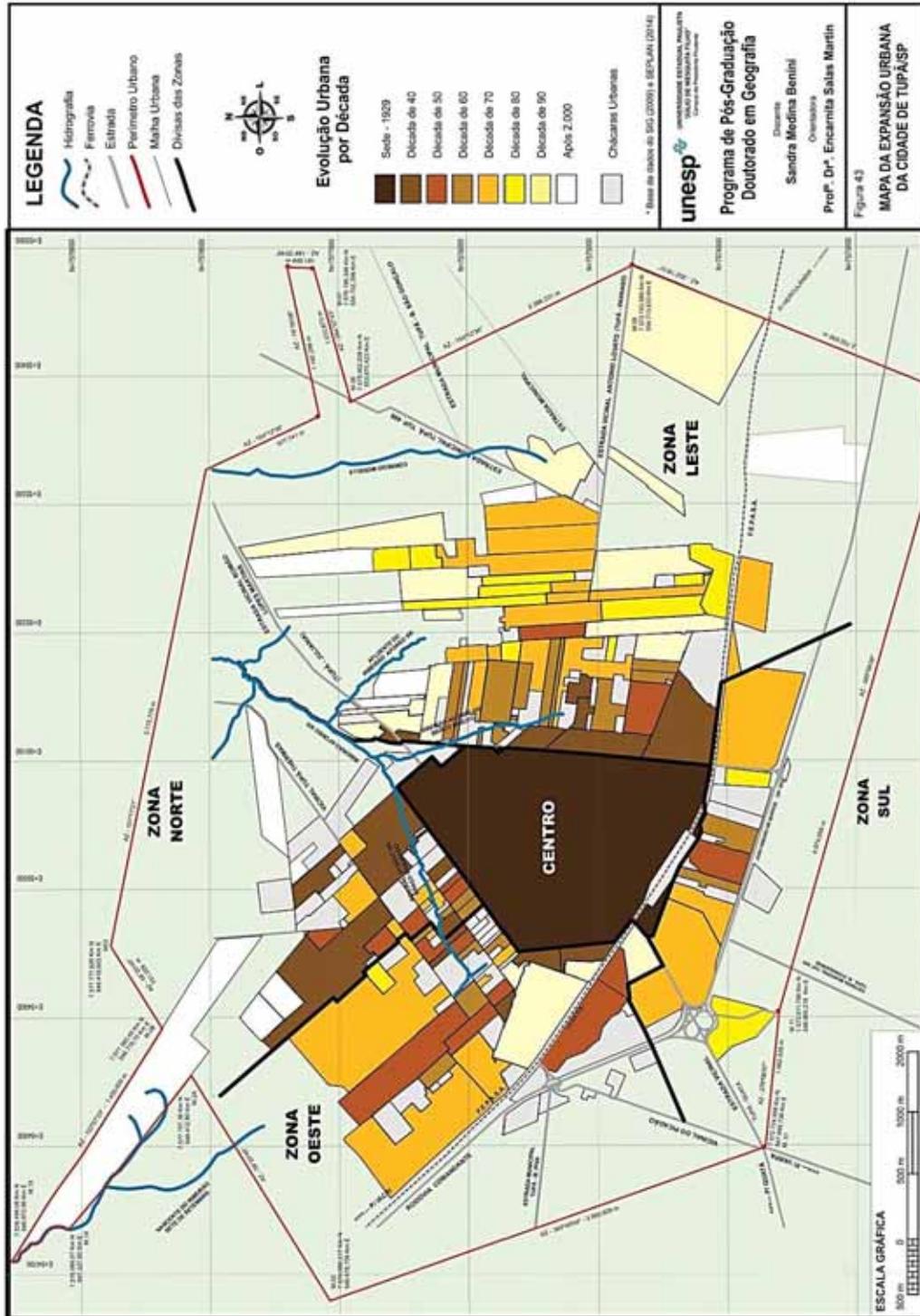
Como pode ser observado na figura 43, a expansão do tecido urbano é caracterizada pela ocupação inadequada dos fundos de vales do Ribeirão Afonso XIII e pela ocupação da malha urbana em áreas periféricas. Neste contexto, entende-se que a produção do espaço urbano é resultado das intervenções de diferentes agentes sociais (usuário e loteador) e políticos (Estado).

Neste sentido, Villaça (1997, 2001) explica que o Estado, se destaca em três esferas de controle da produção e consumo do espaço urbano por classe:

- a) Esfera Econômica: através do controle do mercado imobiliário, que atende os desejos de localização espacial da classe dominante.
- b) Esfera Política: ocorre pelo controle do Estado, que se manifesta de três maneiras:
 - Controle sobre a localização da infraestrutura urbana;
 - Controle da localização dos aparelhos do Estado;
 - Controle da legislação de uso e ocupação do solo urbano.
- c) Esfera Ideológica: através do desenvolvimento de idéias dominantes que visa auxiliar, em determinados momentos, a dominação da sociedade e aceitação por parte desta de seus ideais.

Especificamente, no que diz respeito a “Esfera Política” apontada por Villaça (1997, 2001), Corrêa (1995) explica que o Estado se vale de um conjunto de instrumentos para o controle da produção de consumo do espaço urbano.

⁸⁰ Segundo Ferrari (1977), o sistema ou estrutura ortogonal consiste de ruas que se cruzam em ângulo reto formando quadrados (tabuleiro xadrez) ou retângulo (grelhas ou grades).



Desta forma, a produção do espaço urbano, em regra, se deu pelas intervenções do capital incorporador, que tem a capacidade de modificar e direcionar o seu crescimento. Singer (1979, p. 79) ressalta que

[...] quando um promotor imobiliário resolve agregar determinada área ao espaço urbano, ele visa um preço que pouco ou nada tem a ver com o custo imediato da operação. A valorização da gleba é antecipada em função de mudanças na estrutura urbana que ainda estão por acontecer e, por isso, o especulador se dispõe a esperar um certo período, que pode ser bastante longo, até que as condições propícias se tenham realizado. (SINGER, 1979, p. 79).

Essa possibilidade de “valorização da gleba”, bem como a espera pela valorização, mencionadas por Singer (1979) podem ser caracterizadas como especulação⁸¹ imobiliária, que nada mais é, do que “o resultado das formas pelas quais se realiza a acumulação do capital na produção imobiliária”, uma vez que não é possível separar a valorização da terra, da valorização capitalista de sua localização no meio urbano. Frente aos apontamentos realizados, pressupõe-se que, há um conflito de interesses entre o mercado imobiliário e o que vem a ser o interesse comum.

4.1.1 Aspectos Socioeconômicos

Os dados do IBGE⁸² (2010) demonstram que a população de Tupã é urbana, visto que 60.930 pessoas residem na área urbana e 2.546 na área rural, seguindo a tendência dos demais municípios. O grau de urbanização no município é de 95%, enquanto que na média do Estado de São Paulo é de 95,94%.

O IDHM⁸³ de Tupã referente ao ano de 2010 é de 0,771% e para o Estado de São Paulo é de 0,783% (SEADE, 2014). Para análise dos dados do IDHM, considera-se uma variação de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo do valor 1, melhor será a qualidade de vida dos munícipes.

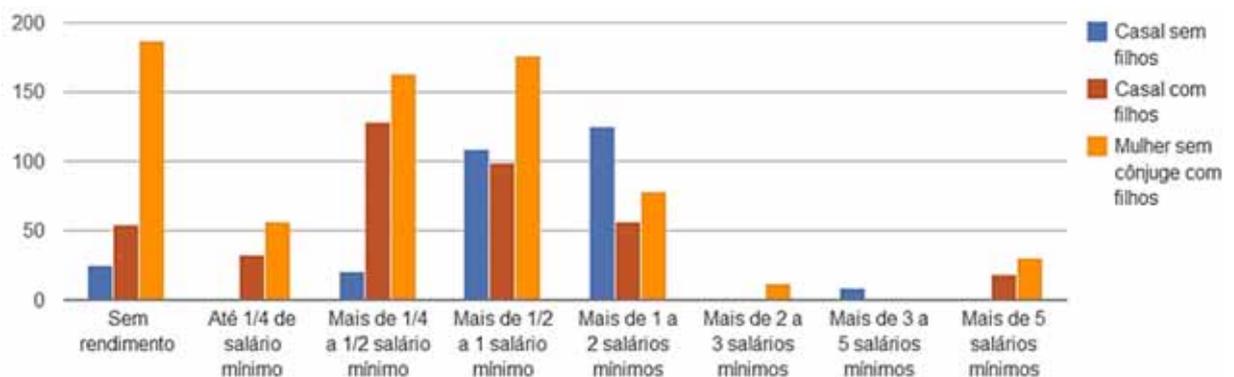
⁸¹ Para Kandir (1983, p. 109), especular significa “estocar algo na esperança de realizar uma transação vantajosa no futuro, quando, então, seu preço estaria superior ao preço atual. Este ativo, enquanto especulativo, se assemelha ao capital, embora não o seja, pois ele ‘valoriza’ ou, mais propriamente, aumenta de preço”.

⁸² IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

⁸³ Segundo SEADE (2014), Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM (Indicador que sintetiza três aspectos do desenvolvimento humano: vida longa e saudável, acesso a conhecimento e padrão de vida, traduzidos nas dimensões de longevidade, educação e renda). Disponível em: < <http://produtos.seade.gov.br/produtos/perfil/perfilMunEstado.php> > Acesso 20 ago. 2014.

Em 2007, o Censo Municipal revelou que 18,01% da população tinha renda familiar de até 1 salário mínimo, mas se considerar a renda familiar da população que recebe até 3 salários mínimos, este valor sobe para 72,85%. Em 2010, o IBGE vem reforçar essa tendência econômica, ao aferir o número de famílias residentes em domicílios particulares com classe de rendimento nominal mensal familiar per capita (Figura 44).

Figura 44 - Famílias Residentes em Domicílios Particulares com Classe de Rendimento Nominal Mensal Familiar Per Capita



Fonte: IBGE, 2010.

Tais dados demonstram que trata-se de uma população predominantemente de baixa renda. A economia de Tupã está estruturada no comércio local, indústria e agronegócio.

Segundo a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico (2014), na cidade o comércio local é composto por estabelecimentos ligados ao varejo: mercados, mercearias, vestuário e materiais para construção, bem como, pela oferta da prestação de serviços de profissionais liberais, autônomos entre outros.

O Município de Tupã destaca-se na região com a indústria de transformação, a industrialização da carne, leite, amendoim, soja, milho, rações. A produção de implementos agrícolas, móveis, serralherias, carroçarias e produtos químicos. A exportação ocorre para vários países da Europa, Ásia e Américas, estimando-se que mais de nove mil pessoas evidenciam a força ativa da indústria tupãense.

A CATI- Coordenadoria de Assistência Técnica Integral⁸⁴ informou que em 2013, o Município de Tupã conta com mais de 1.100 propriedades agrícolas e, nesse campo, a força do trabalho é representada por milhares de pessoas. As áreas cultivadas se dividem em 2.019,30 hectares de lavoura permanente e 9.481,40 hectares de lavoura temporária. A pecuária no município é expressiva, possuindo 39.021,50 hectares para pastagem do gado de corte, sendo que a bovinocultura conta com 37.044 cabeças de gado de corte, 1.320 para gado de leite e 12.459 gado misto. A suinocultura possui mais de 2.000 cabeças em produção. A avicultura é voltada para galinhas poedeiras com 98.000 aves. O município possui outras produções com menos expressividade como equinos.

Segundo o Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS), a vulnerabilidade de um indivíduo, famílias ou grupos sociais referem-se à maior ou menor capacidade de controlar as forças que afetam seu bem-estar, ou seja, a posse ou controle ativo que constituem os recursos requeridos para o aproveitamento das oportunidades propiciadas pelo estado, mercado ou sociedade.

As situações de maior ou menor vulnerabilidade da população residente no Município de Tupã estão resumidas nos seis grupos do IPVS (Tabela 02, Quadro 10 e Figura 45), definido a partir de um gradiente das condições socioeconômicas e do perfil demográfico. Deste modo, as características desses grupos neste Município são apresentadas a seguir:

Tabela 02 - Indicadores que Compõem o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS

Indicadores	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social						Total
	1 Nenhuma	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Média	5 Alta	6 Muito Alta	
População Total	1.051	21.525	3.158	5.458	30.128	1.357	62.677
Percentual da População	1,7	34,3	5,0	8,7	48,1	2,2	100,0
Domicílios Particulares	306	6.771	884	1.456	8.832	367	18.616
Tamanho Médio do Domicílio (em pessoas)	3,4	3,2	3,6	3,7	3,4	3,7	3,4
Responsáveis pelo Domicílio Alfabetizados (%)	99,3	94,2	93,1	93,1	85,0	87,7	89,6
Responsáveis pelo Domicílio com Ensino Fundamental Completo (%)	79,1	51,7	40,6	40,7	27,7	26,7	38,9
Anos Médios de Estudo do Responsável pelo Domicílio	11,4	7,8	6,4	6,6	5,0	5,1	6,3

⁸⁴ CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral do Governo Estadual. Disponível em < <http://www.cati.sp.gov.br/new/enderecos.php> > Acesso em 08 set. 2014.

Indicadores	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social						Total
	1 Nenhuma	2 Muito Baixa	1 Nenhu ma	2 Muito Baixa	1 Nenhu ma	2 Muito Baixa	
Rendimento Nominal Médio do Responsável pelo Domicílio (em reais de julho de 2000)	2.361	1.110	482	708	453	298	742
Responsáveis com Renda de até 3 Salários Mínimos (%)	16,7	40,3	62,3	67,4	71,7	88,6	58,9
Responsáveis com Idade entre 10 e 29 Anos (%)	3,9	7,8	14,0	21,7	11,8	24,5	11,3
Idade Média do Responsável pelo Domicílio (em anos)	48	52	43	41	49	40	49
Mulheres Responsáveis pelo Domicílio (%)	15,4	27,4	23,6	19,0	25,1	17,7	25,1
Crianças de 0 a 4 Anos no Total de Residentes (%)	5,0	4,9	8,0	10,9	7,3	13,0	6,9

Fonte: IBGE, 2010. Censo Demográfico; Fundação SEADE.

Com base nos dados dos Indicadores que compõem o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS⁸⁵, o Município de Tupã apresenta o seguinte panorama (Quadro 10):

Quadro 10 - Índice Paulista de Vulnerabilidade Social no Município de Tupã/SP

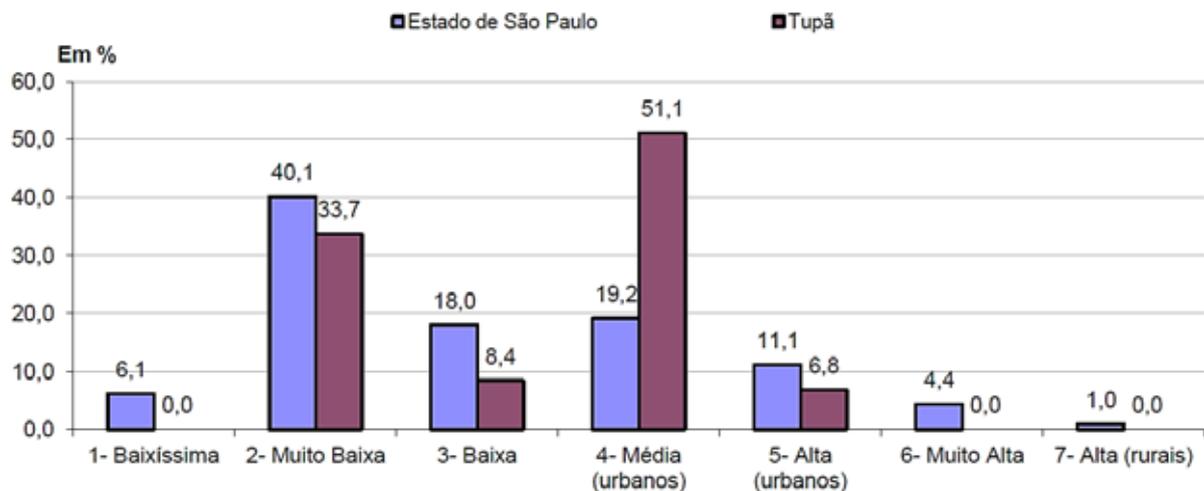
CLASSIFICAÇÃO	POPULAÇÃO	SITUAÇÃO
Grupo 1 (nenhuma vulnerabilidade)	1.051 pessoas (1,7% do total)	No espaço ocupado por esses setores censitários, o rendimento nominal médio dos responsáveis pelo domicílio era de R\$ 2.361,00 e 16,7% deles auferiam renda de até três salários mínimos. Em termos de escolaridade, os chefes de domicílios apresentavam, em média, 11,4 anos de estudo, 99,3% deles eram alfabetizados e 79,1% completaram o ensino fundamental. Com relação aos indicadores demográficos, a idade média dos responsáveis pelos domicílios era de 48 anos e aqueles com menos de 30 anos representavam 3,9%. As mulheres chefes de domicílios correspondiam a 15,4% e a parcela de crianças de 0 a 4 anos equivalia a 5,0% do total da população desse grupo.
Grupo 2 (vulnerabilidade muito baixa)	21.525 pessoas (34,3% do total)	No espaço ocupado por esses setores censitários, o rendimento nominal médio dos responsáveis pelo domicílio era de R\$ 1.110,00 e 40,3% deles auferiam renda de até três salários mínimos. Em termos de escolaridade, os chefes de domicílios apresentavam, em média, 7,8 anos de estudo, 94,2% deles eram alfabetizados e 51,7% completaram o ensino fundamental. Com relação aos indicadores demográficos, a idade média dos responsáveis pelos domicílios era de 52 anos e aqueles com menos de 30 anos representavam 7,8%. As mulheres chefes de domicílios correspondiam a 27,4% e a parcela de crianças de 0 a 4 anos equivalia a 4,9% do total da população desse grupo.

⁸⁵ SEADE 2010. Disponível em < <http://www.seade.gov.br/produtos/ipvs/> > Acesso em 15 fev. 2010.

CLASSIFICAÇÃO	POPULAÇÃO	SITUAÇÃO
Grupo 3 (vulnerabilidade baixa)	3.158 pessoas (5,0% do total)	No espaço ocupado por esses setores censitários, o rendimento nominal médio dos responsáveis pelo domicílio era de R\$ 482,00 e 62,3% deles auferiam renda de até três salários mínimos. Em termos de escolaridade, os chefes de domicílios apresentavam, em média, 6,4 anos de estudo, 93,1% deles eram alfabetizados e 40,6% completaram o ensino fundamental. Com relação aos indicadores demográficos, a idade média dos responsáveis pelos domicílios era de 43 anos e aqueles com menos de 30 anos representavam 14,0%. As mulheres chefes de domicílios correspondiam a 23,6% e a parcela de crianças de 0 a 4 anos equivalia a 8,0% do total da população desse grupo.
Grupo 4 (vulnerabilidade média)	5.458 pessoas (8,7% do total)	No espaço ocupado por esses setores censitários, o rendimento nominal médio dos responsáveis pelo domicílio era de R\$ 708,00 e 67,4% deles auferiam renda de até três salários mínimos. Em termos de escolaridade, os chefes de domicílios apresentavam, em média, 6,6 anos de estudo, 93,1% deles eram alfabetizados e 40,7% completaram o ensino fundamental. Com relação aos indicadores demográficos, a idade média dos responsáveis pelos domicílios era de 41 anos e aqueles com menos de 30 anos representavam 21,7%. As mulheres chefes de domicílios correspondiam a 19,0% e a parcela de crianças de 0 a 4 anos equivalia a 10,9% do total da população desse grupo.
Grupo 5 (vulnerabilidade alta)	30.128 pessoas (48,1% do total)	No espaço ocupado por esses setores censitários, o rendimento nominal médio dos responsáveis pelo domicílio era de R\$ 453,00 e 71,7% deles auferiam renda de até três salários mínimos. Em termos de escolaridade, os chefes de domicílios apresentavam, em média, 5,0 anos de estudo, 85,0% deles eram alfabetizados e 27,7% completaram o ensino fundamental. Com relação aos indicadores demográficos, a idade média dos responsáveis pelos domicílios era de 49 anos e aqueles com menos de 30 anos representavam 11,8%. As mulheres chefes de domicílios correspondiam a 25,1% e a parcela de crianças de 0 a 4 anos equivalia a 7,3% do total da população desse grupo.
Grupo 6 (vulnerabilidade muito alta)	1.357 pessoas (2,2% do total)	No espaço ocupado por esses setores censitários, o rendimento nominal médio dos responsáveis pelo domicílio era de R\$ 298,00 e 88,6% deles auferiam renda de até três salários mínimos. Em termos de escolaridade, os chefes de domicílios apresentavam, em média, 5,1 anos de estudo, 87,7% deles eram alfabetizados e 26,7% completaram o ensino fundamental. Com relação aos indicadores demográficos, a idade média dos responsáveis pelos domicílios era de 40 anos e aqueles com menos de 30 anos representavam 24,5%. As mulheres chefes de domicílios correspondiam a 17,7% e a parcela de crianças de 0 a 4 anos equivalia a 13,0% do total da população desse grupo.

Fonte: SEADE (2010).

Figura 45 – Grupos de Vulnerabilidade Social



Fonte: IBGE (2010) - Censo Demográfico; Fundação SEADE (2010).

Na figura 45 é possível verificar que os Grupos de Vulnerabilidades Social Média e Alta se localizam na área urbana de Tupã, necessitando assim, da implementação de políticas públicas que visem à qualidade de vida dessa população.

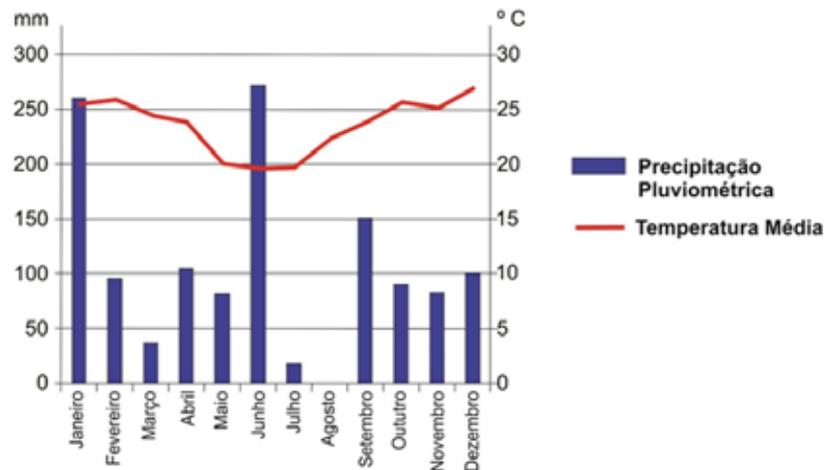
4.1.2 Aspectos Ambientais

No tocante aos aspectos ambientais, o Município de Tupã apresenta o clima quente, do tipo **Aw**⁸⁶, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio, com temperatura média superior a 18°C, sendo que o mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm.

Segundo dados CIIAGRO - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (2015), no ano de 2012 o Município apresentou uma temperatura máxima média mensal de 26,1°C e mínima 19,6°C. A precipitação pluviométrica anual de 2012 foi de 1.290,9 mm (Figura 46).

⁸⁶ Fonte: CPA. Classificação Climática de Koeppen do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/imagens/classkoeppensp2.gif>> Acesso em 12 out. 2013. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 120), a classificação Climática de Koppen, o “A” aplica-se aos Climas tropicais chuvosos, tendo como subclassificação o “Aw”, o qual caracteriza o clima de savana.

Figura 46 - Precipitação Pluviométrica e Temperatura Média de 2012, no Município de Tupã/SP



Fonte: CIIAGRO (2013) Dados mensais do período de 01/01/2012 a 31/12/2012

Quando observado o histórico pluviométrico de 1993 a 2015 (Tabela 03), constata-se que o índice pluviométrico anual tem se mantido estável nos últimos 20 anos, sem apresentar alguma anormalidade expressiva. A tabela 03 mostra que na série histórica, 2008 foi o ano mais seco, apresentando uma média pluviométrica de 850,8 mm.

Tabela 3 - Índices Pluviométricos no Município de Tupã/SP

Monitoramento Climatológico: período de 01/01/1993 a 11/02/2015													
Município: Tupã - SP - Última Atualização: 11/02/2015													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
1993	274,9	324,5	225,7	103,1	34,0	79,4	3,1	73,1	104,0	8,1	56,0	141,9	1.427,8
1994	135,9	112,0	188,4	141,2	37,0	54,9	4,6	-	10,9	109,2	96,7	156,5	1.047,3
1995	209,9	255,8	106,8	109,7	72,8	39,6	21,3	-	64,1	165,1	78,3	199,9	1.323,3
1996	118,8	161,7	186,4	80,2	51,8	17,9	-	15,6	101,8	161,3	214,3	218,1	1.327,9
1997	405,9	173,7	57,5	43,7	82,7	203,6	20,5	2,3	55,0	118,8	222,6	78,8	1.465,1
1998	175,1	144,6	272,0	182,2	70,6	14,3	-	109,3	154,5	141,8	88,3	223,4	1.576,1
1999	290,8	284,1	112,0	92,0	66,5	53,6	0,4	0,1	56,1	18,4	76,0	125,6	1.175,6
2000	176,7	295,8	166,3	5,9	11,9	37,0	44,9	53,8	137,0	35,1	128,1	189,1	1.281,6
2001	134,5	324,8	64,2	56,2	102,3	63,0	49,0	24,3	60,6	151,5	166,2	188,1	1.384,7
2002	192,9	195,1	67,4	-	83,7	-	48,7	52,4	75,7	45,3	149,2	130,2	1.040,6
2003	314,5	232,9	132,6	60,6	41,5	32,7	8,5	30,1	35,3	85,4	104,1	138,2	1.216,4
2004	264,4	28,9	99,5	167,2	180,7	34,9	52,3	-	15,5	162,0	258,3	114,3	1.378,0
2005	315,5	19,7	189,3	71,1	28,8	29,0	7,4	9,2	99,1	150,6	73,3	104,2	1.097,2
2006	140,9	305,0	158,5	39,6	25,3	13,9	27,1	55,0	52,6	95,3	37,0	310,3	1.260,5
2007	342,5	234,3	122,6	36,7	64,9	-	189,3	-	2,6	40,1	134,9	151,5	1.319,4
2008	213,4	102,0	124,2	50,6	62,2	5,4	1,4	50,2	30,4	50,4	79,8	80,8	850,8
2009	289,6	103,6	141,5	44,6	82,5	50,9	90,4	140,4	173,2	165,3	229,7	231,1	1.742,8
2010	231,4	87,1	51,1	63,2	23,0	17,8	47,2	-	150,9	79,0	90,2	186,9	1.027,8
2011	253,4	301,3	245,8	90,5	4,3	39,4	35,1	37,4	10,8	146,2	75,3	53,1	1.292,6
2012	259,4	96,9	36,8	104,9	107,1	246,4	18,1	-	150,1	89,9	82,3	105,6	1.297,5
2013	179,4	229,0	229,1	211,3	175,4	153,2	30,4	-	45,0	132,1	92,0	124,0	1.600,9
2014	178,8	94,9	79,9	87,2	54,2	4,1	49,5	7,4	154,4	21,1	147,8	261,9	1.141,2
2015	113,6	85,3											
Média	249,8	155,2	124,5	66,3	64,0	42,8	47,8	34,1	72,4	100,9	119,5	146,0	1.229,4

Fonte: CIIAGRO online - Site: www.ciiagro.sp.gov.br

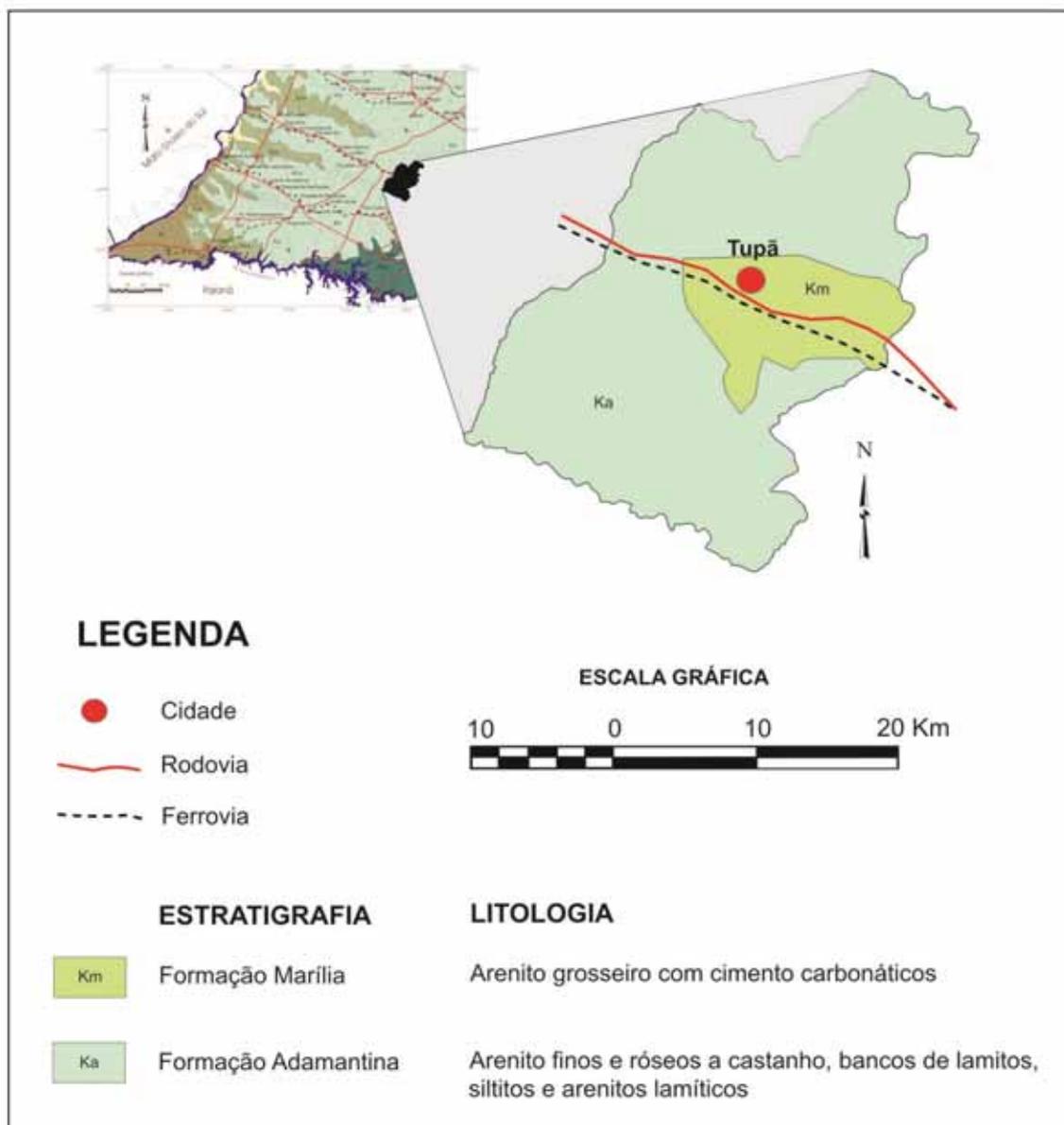
Elaboração: Udop - Relações Institucionais

Obs.: Resultado Parcial

Entretanto, quando se observa os índices pluviométricos mensais, a exemplo do mês de Junho de 2012, constata-se um índice pluviométrico de 246,4 mm, fenômeno este, que diverge da classificação Climática de Koppen para a região, que prevê invernos secos.

Para Boin (2000), os solos da região apresentam texturas arenosas, provenientes da constituição geológica das rochas que lhes deram origem (Figura 47).

Figura 47 – Mapa Geológico de Município de Tupã/SP

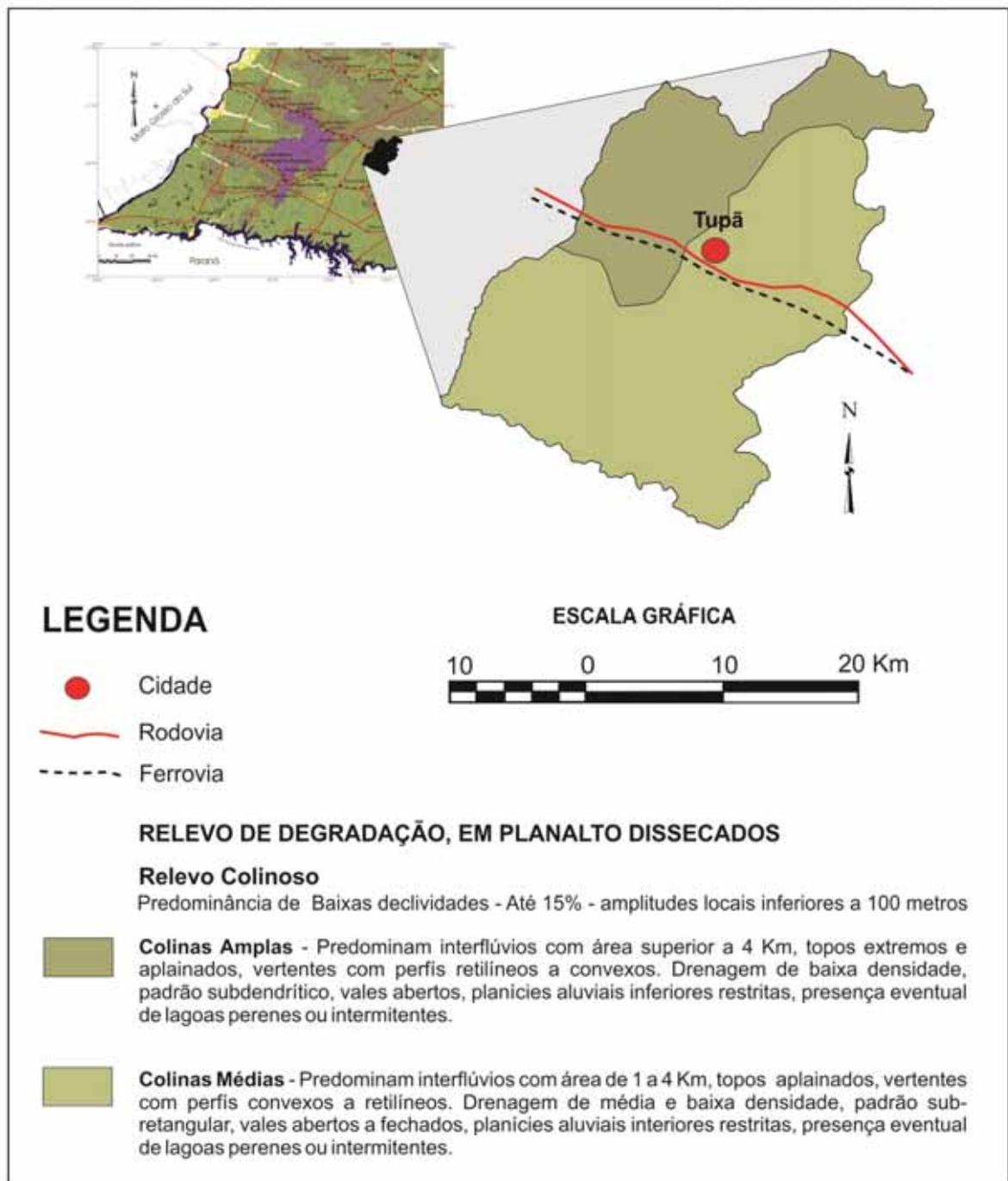


Fonte: IPT (1981)⁸⁷. Adaptado por Sandra Medina Benini, 2014.

⁸⁷ IPT – Instituto de Pesquisa e Tecnologia

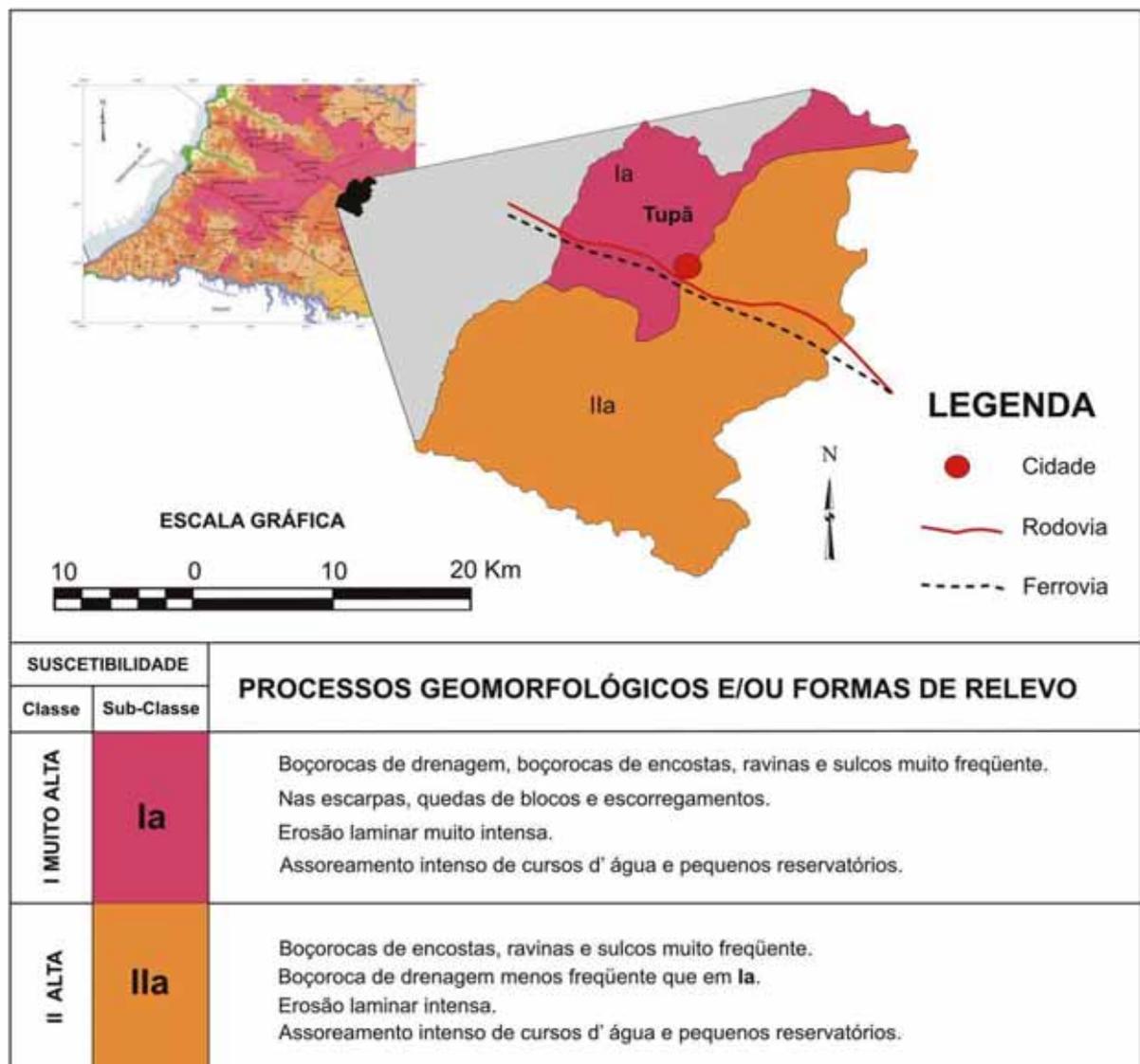
A geomorfologia do Município Tupã apresenta um relevo colinoso e tem uma predominância de declividade de até 15% em amplitudes locais inferiores a 100 metros, com colinas: amplas e médias (Figura 48). A cidade de Tupã está numa altitude de 524 metros (BOIN, 2000).

Figura 48 – Mapa Geomorfológico do Município de Tupã/SP



A conjugação de fatores relativos às características do meio físico, aliada às formas de ocupação do Oeste Paulista, fizeram com que esta região se tornasse uma das áreas com maior número e maior diversidade de processos erosivos no estado de São Paulo. O Município de Tupã está localizado em uma área de alta suscetibilidade à erosão, em que se observa a existência de boçorocas, ravinas e sulcos. A erosão laminar é intensa, levando ao assoreamento de cursos d'água e de pequenos reservatórios. Segundo Boin (2000) o município encontra-se em uma área classificada como de suscetibilidade à erosão “Muita Alta e Alta” (Figura 49).

Figura 49 – Mapa de Suscetibilidade à Erosão do Município de Tupã/SP

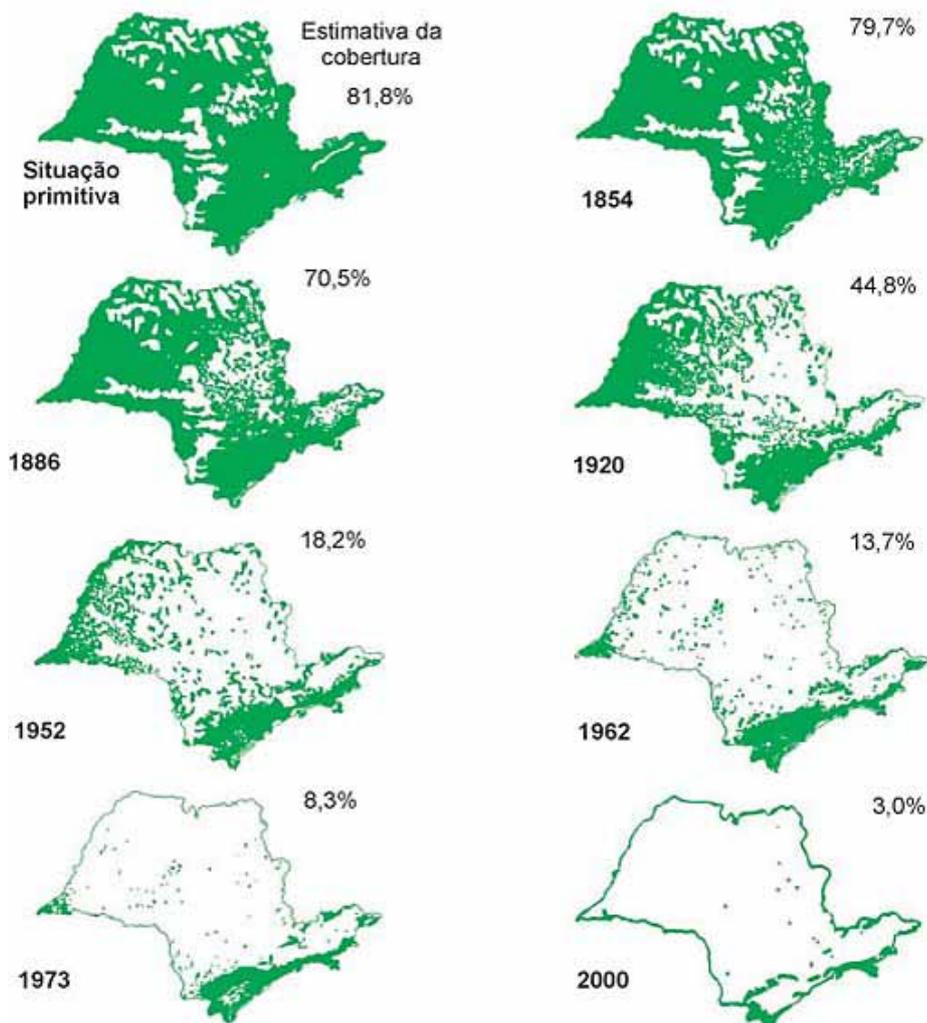


Fonte: IPT (1981). Adaptado por Sandra Medina Benini, 2014.

Neste sentido, deve-se ressaltar que as feições erosivas presentes na região foram causadas pelo desmatamento e pelas atividades agropecuárias, a exemplo do cultivo do amendoim, mandioca e da cana-de-açúcar, assim como, pela criação de gado de corte e leite.

No tocante à cobertura vegetal, o Inventário Florestal do Estado de São Paulo, publicado em 2005, traz uma reconstituição da cobertura florestal do Estado de São Paulo, apresentando dados estimados de 79,7% cobertura florestal em 1854 a 3,0% em 2000, o que demonstra a devastação predatória de 76,7%, ocorrida num espaço temporal de 146 anos de ocupação do território paulista (Figura 50).

Figura 50 – Reconstituição da Cobertura Florestal do Estado de São Paulo



Fonte: CAVALLI *et al.*, 2005, *apud* SÃO PAULO, 2005, p. 11⁸⁸

⁸⁸ Disponível em < <http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/publicacoes.html> > Acesso 22 jul. 2011.

Tupã, tal como os demais municípios do Oeste Paulista, se estabeleceu concomitante à implantação das estradas de ferro, impondo significativa pressão sobre áreas de matas nativas.

O processo de colonização do estado de São Paulo, assim como a interiorização da região do oeste paulista foi marcado pela devastação da mata para ocupação do território, onde parte da madeira era comercializada e empregada na construção de casas e salões comerciais.

Nesse momento histórico, foram instaladas muitas madeireiras e serrarias, que davam forma às frondosas toras de madeira nobre (Figura 51).

Figura 51 - Tora Gigante da Empresa Madeireira Marques e Cia. em 1939.

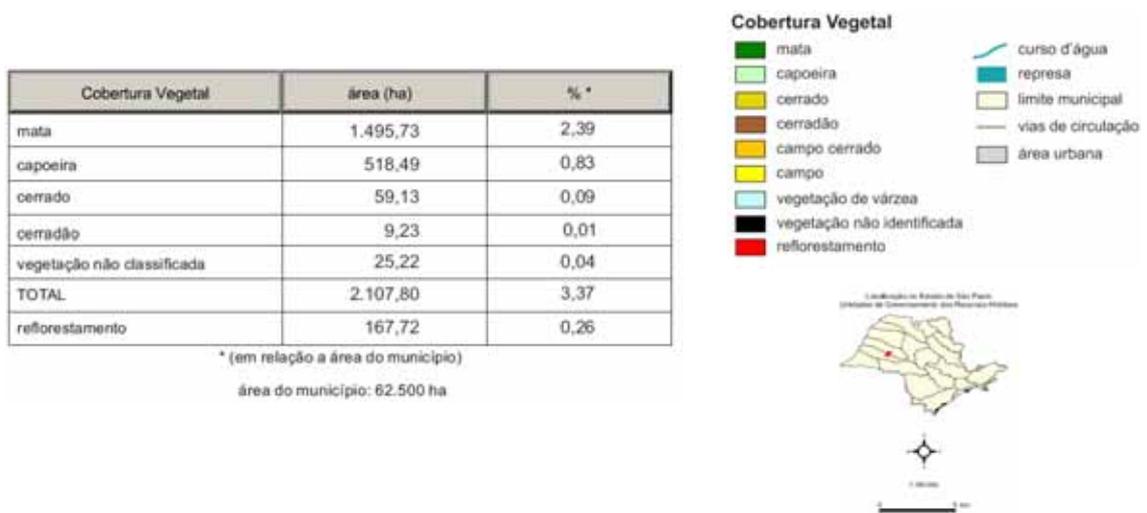
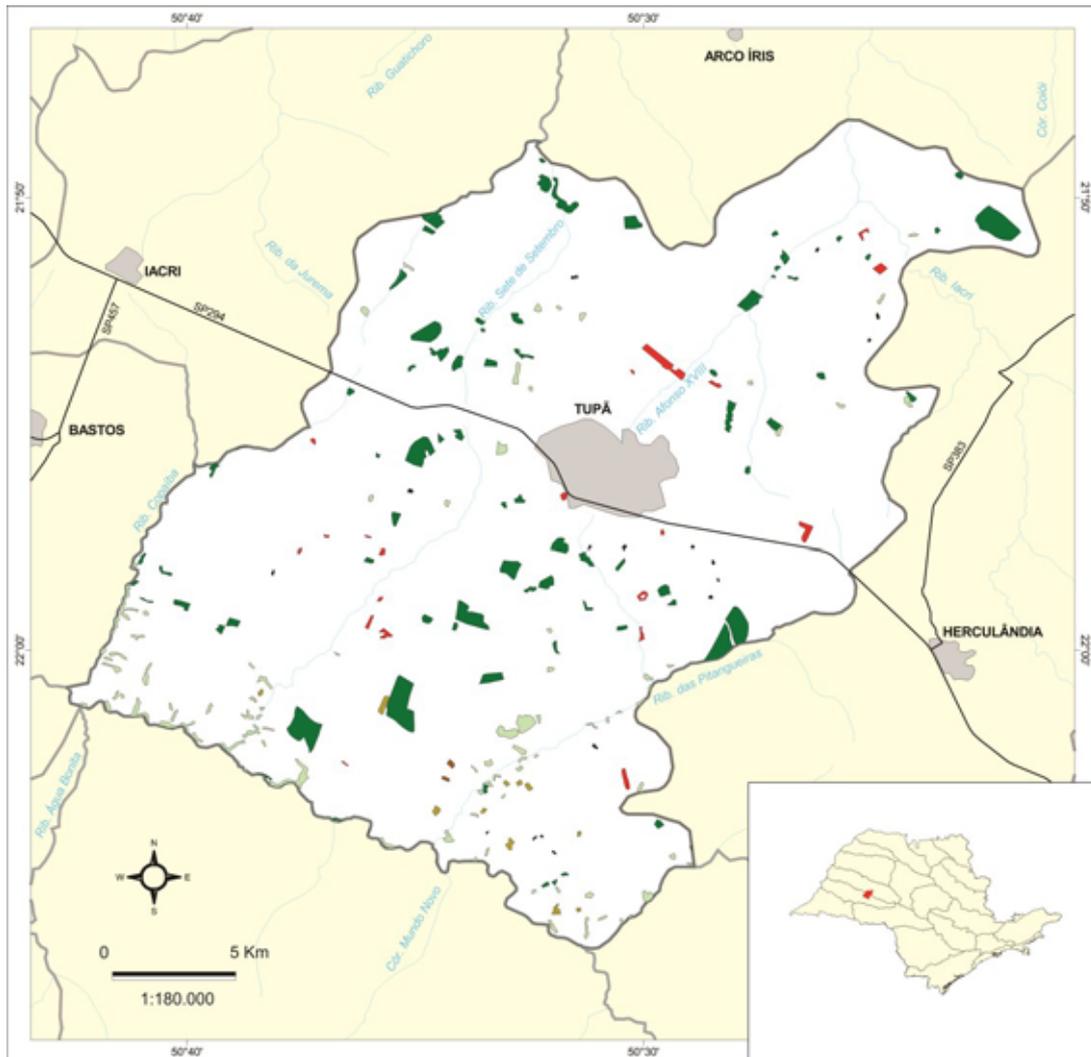


Fonte: Museu Pedagógico Índia Vanuíre da Estância Turística de Tupã.

Em razão da grande oferta de recursos naturais, o excedente de madeira era queimado. Um exemplo da utilidade desse recurso pode ser visto ao longo da antiga linha férrea que cruza a Alta Paulista (MONTES, 2004).

Deste modo, processou-se a destruição da cobertura vegetal primitiva do extremo oeste do estado, e os solos foram intensamente ocupados por culturas pioneiras de café, que cederam a vez, ao algodão, ao amendoim, à cana de açúcar, aos campos de pastagem, ou seja, foram gradativamente sendo substituídos por novas culturas (Figura 52).

Figura 52 – Atual Cobertura Vegetal do Município de Tupã/SP



Fonte: Inventário Florestal do Estado de São Paulo, 2005⁸⁹

⁸⁹ SIFESP. Inventário Florestal do Estado de São Paulo, 2005 - Mapas Municipais. Disponível em < <http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/mapasmunicipais.html> > Acesso 04 set. 2014.

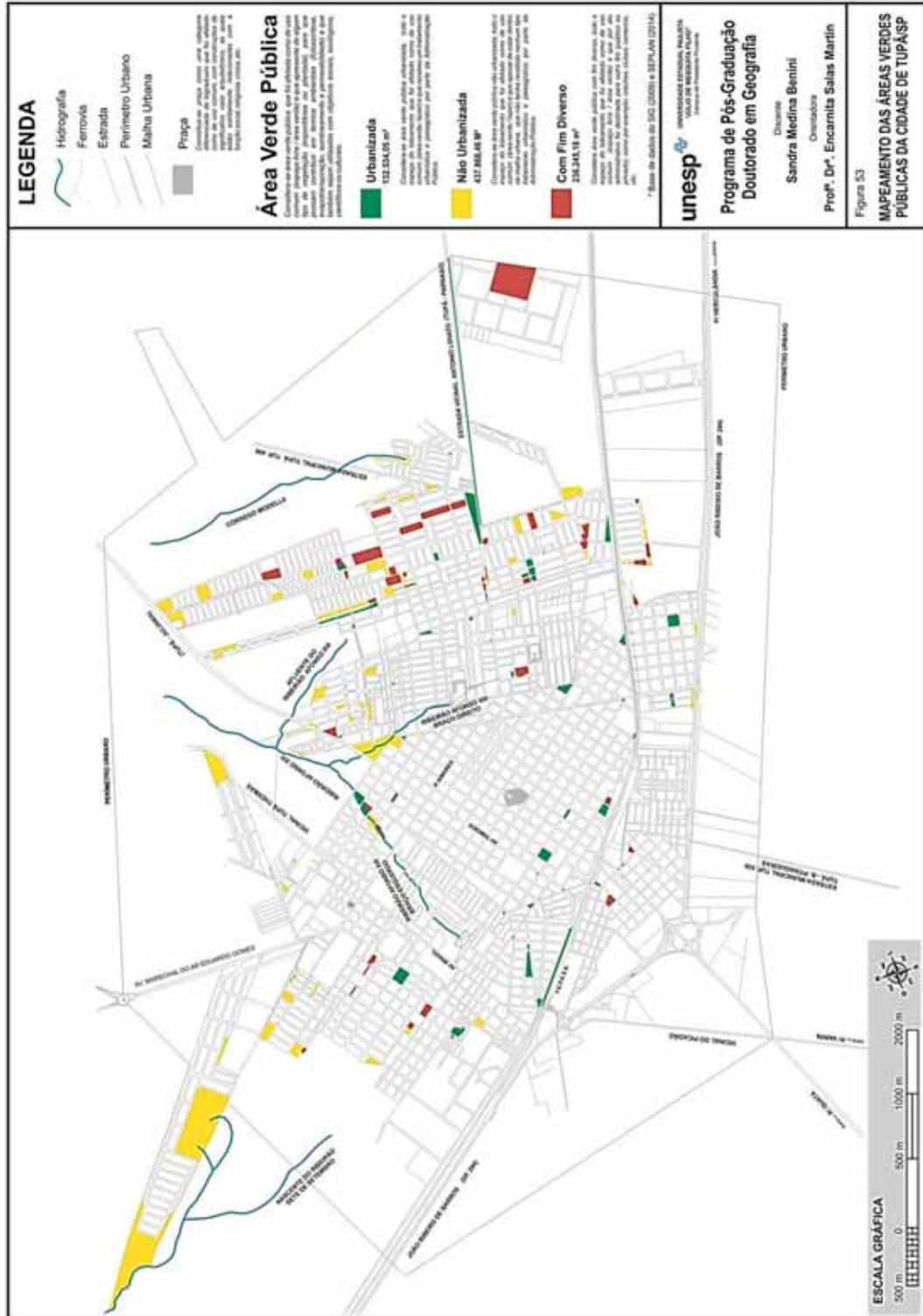
A figura 52 revela que restam apenas 2,39% de mata nativa no Município de Tupã e 0,26% de áreas reflorestadas. Por outro lado, na área urbana a oferta de áreas verdes públicas está vinculada à implantação de loteamentos urbanos (seguindo determinações das normas urbanísticas ou por ato institucional da Administração Pública). Apesar dessas medidas protetivas para criação desses espaços, a pesquisa constatou conforme evidenciado na Tabela 04 (ver tabela 05 no Apêndice) que até o ano de 2010 quase a metade dessas áreas foram desafetadas⁹⁰. Neste contexto são evidenciados os impactos socioambientais, a exemplo das altas taxas de impermeabilização do solo, responsáveis pelo grave comprometimento do sistema de drenagem urbana, além de privar a população tupãense de espaços de lazer e recreação.

Tabela 04 – Síntese do Percentual de Áreas Verdes Públicas

População (IBGE)	1991	2000	2010	2014 (Estimativa)
População total	58.679	63.333	63.476	65.596
População urbana	54.586	60.366	60.930	62.965
População rural	4.093	2.967	2.546	2.631
Taxa de Urbanização	93,02 %	95,32 %	95,99%	95,99%
Área Verde Pública (Aprovada e Constituída)	370.890,95	470.521,39	524.306,70	808.254,26
Índice de Área Verde (Aprovada e Constituída)	6,79 %	7,79 %	8,60 %	12,83 %
Área Verde Pública (Atual - considerando as desafetações)	171.882,00	245.393,46	299.178,77	572.009,08
Índice de Área Verde (Atual - considerando as desafetações)	3,14 %	4,06 %	4,91 %	9,08 %

Para espacialização dos dados do Quadro Síntese do Percentual de Áreas Verdes Públicas, apresenta-se a Figura 53 – Mapeamento das Áreas Verdes Públicas na Cidade Tupã/SP.

⁹⁰ Pires (2006, p. 61) ensina que a afetação é “a destinação de um bem a alguma finalidade (comum ou especial)” e que os bens de uso comum, são aqueles “[...] destinados ao uso indistinto de toda a coletividade. Podem ser de uso gratuito (ruas, praias etc) ou remunerado (estradas, parques etc). Podem provir do destino natural do bem, por exemplo, rios, mares, ruas, praças, ou por lei ou ainda por ato administrativo. Mas há sempre uma afetação ao uso coletivo, Daí a incidência do regime jurídico administrativo” (p. 60).



Na tabela 04 e na figura 53 é possível verificar a escassez de áreas verdes públicas decorrentes do processo de desafetação e afirmar a urgência de implementação de ações compensatórias para atual cenário, de modo a criar mecanismos que possibilitem a implantação e institucionalização de novas áreas verdes públicas (parques, bosques e jardins).

O Município de Tupã pertence à Bacia Hidrográfica Aguapeí, mas tem parte do seu território na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe. Espacialmente, está dividido em 3 (três) microbacias e 7 (sete) microbacias intermunicipais (figura 54). Também, integra a UGRHI⁹¹ 20 e 21 e o Comitê de Bacia⁹² Aguapeí e Peixe (CBH- AP), instalado em 19 de dezembro de 1995. O Comitê⁹³ é um colegiado organizado democraticamente para gerenciar os recursos hídricos de forma descentralizada⁹⁴, integrada e com a participação de todos.

Para melhor compreensão deste estudo, deve-se considerar que uma bacia hidrográfica é como “sistema aberto, que recebe suprimento contínuo de energia através do clima reinante e que sistematicamente perde energia através da água e dos sedimentos que a deixam” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.102).

Neste sentido, para caracterização da área de estudo desta tese, Laszli e Rocha (2014) explicam que os principais rios da Bacia Hidrográfica Aguapeí e Peixe apresentam “características que se assemelham a rios meandrantés no seu trecho aluvial. As nascentes e o alto curso destes rios apresentam-se como rios encaixados/erosivos”.

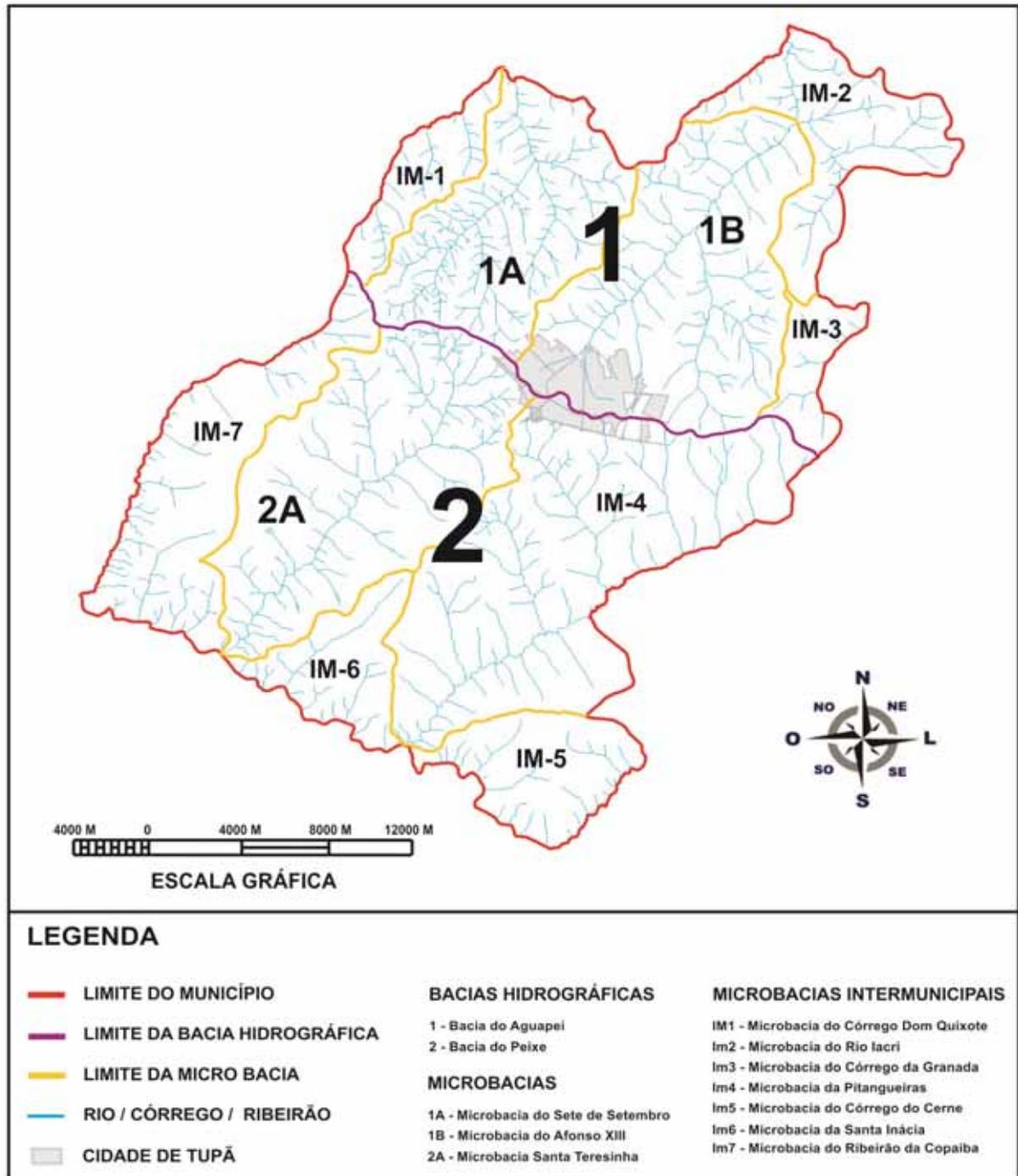
⁹¹ UGRH - Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

⁹² A partir da Lei Estadual n 7.663, de 30 de dezembro de 1991, as bacias hidrográficas foram adotadas “[...] como unidade física territorial básica para o planejamento e a gestão de recursos naturais, principalmente hídricos.” Nesta mesma Lei, nos incisos II do art. 22 foi criada a figura dos “Comitês de Bacias Hidrográfica”, que visa uma gestão descentralizada e participativa entre poder público, os usuários e as comunidades. (MACHADO, 1998, p. 36)

⁹³ Comitês de Bacias Hidrográficas – instância descentralizada e participativa de discussões e deliberações, contando com a participação de diferentes setores da sociedade (usuários de águas, políticos, sociedade civil organizada) e destinados a agir como fóruns de decisão no âmbito das bacias. (MAGALHÃES JR., 2001, p. 21)

⁹⁴ Gestão descentralizada é aqui concebida como a gestão que incorpora o princípio de subsidiariedade, e cujo processo decisório flui em diferentes escalas espaciais, desde o nível mais local relativamente próximo do cidadão; e a gestão das águas participativa é aqui concebida como a gestão não unicamente Estadual, mas que incorpora a participação de diferentes setores da sociedade, incluído os usuários das águas e representantes da sociedade civil. (MAGALHÃES JR., 2001, p. 48)

Figura 54 – Microbacias do Município de Tupã/SP



Fonte: SEPLIN (2012).

Com o processo de urbanização, as intervenções antrópicas no ambiente natural desencadearam uma série de impactos ambientais. Analisando esse fenômeno na unidade geográfica da microbacia do Ribeirão Afonso XIII, verifica-se que esse processo é acentuado.

Durante o trabalho de campo foi constatado que em decorrência do processo de urbanização da cidade de Tupã, as nascentes da referida microbacia foram ocupadas e em consequência, provocaram os seguintes impactos ambientais: retirada da mata ciliar; ocupação dos fundos de vales; pela emissão de efluentes industriais, comerciais e domiciliares; pelo depósito irregular de resíduos sólidos urbanos trazidos pelas galerias pluviais, dentre outros.

Segundo a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (2008c), em períodos de precipitações, a impermeabilização acentuada das vertentes da microbacia tem levado ao aumento do volume de água pluvial que escoar para o sistema insuficiente de galerias que desaguam no Ribeirão Afonso XIII. Além da inexistência de galerias em vários bairros da cidade, há ainda o problema das redes instaladas estarem obsoletas e subdimensionadas. Esse quadro é agravado em razão da presença constante de resíduos sólidos nas galerias, fazendo com que as redes de águas pluviais percam parte de sua seção de fluxo útil, por obstrução das redes o que vem causando ao longo dos anos, graves problemas de enchentes e inundações nas ruas e bairros localizados nas cotas mais baixas da malha urbana.

As inundações são decorrentes da:

- a) **Ocupação dos fundos de vales:** ao analisar a processo de produção do espaço urbano na cidade de Tupã, constatou-se que a ocupação dos fundos de vales do Ribeirão Afonso XIII, se consolidou na década de 1970, em razão da atuação imobiliária, tendo como público alvo a população de menor poder aquisitivo. Segundo a SEPLIN 2012, cerca de 120 famílias residem nessas áreas de riscos, sujeitas a alagamentos decorrentes do escoamento do fluxo fluvial. Esse problema, não está restrito somente à cidade de Tupã, pois em muitas cidades brasileiras, além da impermeabilização crescente, as faixas mínimas das áreas de preservação permanente não são respeitadas sendo, inclusive, impermeabilizadas.

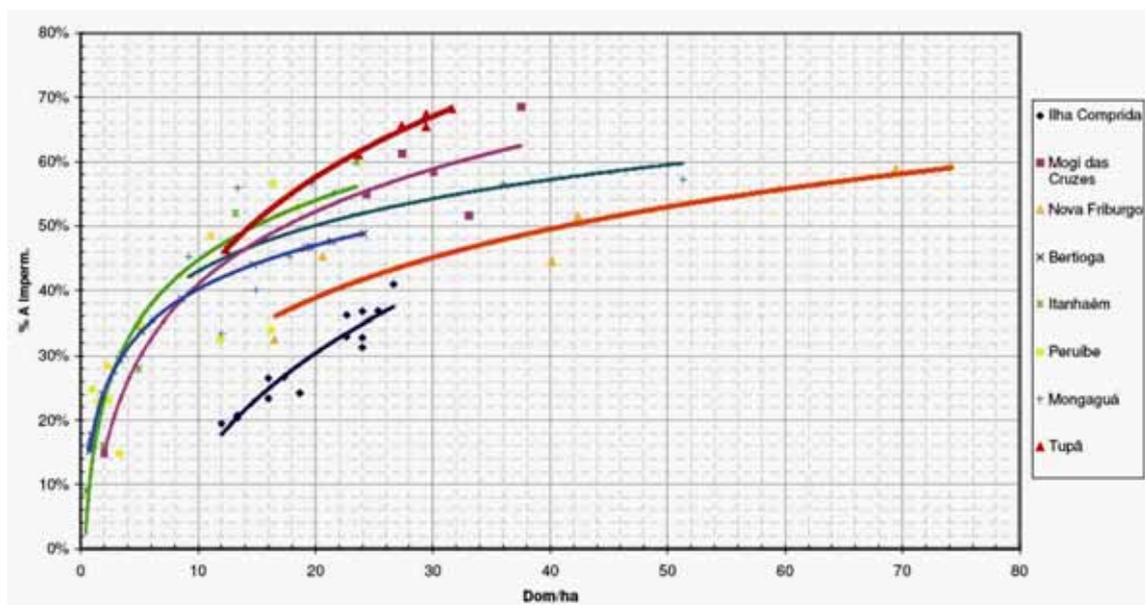
O crescimento populacional, a expansão urbana e a falta de moradias, acabam pressionando a população mais carente, a ocupar áreas inadequadas, ilegais e de risco para construir suas casas. Além da retirada da cobertura vegetal que intensifica os problemas de drenagem, outra preocupação é a ampliação das áreas impermeabilizadas, que

reduz a capacidade do solo de absorver as águas das chuvas, levando ao aumento do volume do escoamento superficial que em razão de não dispor de um sistema de drenagem eficiente, acaba provocando enchentes, principalmente nas áreas mais baixas da cidade;

- b) **Subdimensionamento do sistema de microdrenagem:** a rede galerias de águas pluviais da cidade de Tupã apresentam-se subdimensionadas, tanto em função de sua capacidade de vazão, como pela quantidade de ramais distribuídos nos loteamentos implantados.

Conforme dados apresentados pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica da Escola Politécnica de Engenharia da Universidade de São Paulo (CTH), os quais são resultados que comparou a densidade urbana em função da impermeabilidade do solo urbano de Tupã com outras cidades, foi possível constatar o índice elevado de impermeabilização da cidade de Tupã (Figura 55).

Figura 55 - Comparação de Curvas Domicílios/Habitantes X % Impermeável



Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 2008.

Com base nos resultados obtidos, a equipe do CTH, realizou uma projeção da impermeabilização da cidade de Tupã para os próximos anos (Quadro 11), o que ressalta a necessidade iminente de mitigar/reverter os efeitos negativos oriundos do processo de urbanização.

Quadro 11 – Projeção da Impermeabilização da Cidade de Tupã/SP

ANO	DOMICÍLIOS	ÁREA URBANA	DOMICÍLIO / ÁREA URBANA	% IMPERMEABILIZAÇÃO
2005	19.680	1.633,09	12,05	45,8
2007	20.312	1.637,57	12,40	46,4
2025	26.038	1.677,90	15,52	51,7

Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 2008.
Adaptado por Sandra Medina Benini, 2009.

Conforme observado no Quadro 11 - Projeção da Impermeabilização da Cidade de Tupã, o percentual de impermeabilização encontrado, deverá aumentar 5,9 % desde 2007 até 2025.

Agravando o panorama apresentado por esta investigação, deve-se destacar que os fundos de vales têm sido usados para destinação final de resíduos sólidos urbanos⁹⁵, se tornando locais de grande degradação e com formação de depósitos tecnogênicos.

Segundo Peloggia (1998), depósitos tecnogênicos são aqueles resultantes da atividade humana, abrangendo depósitos construídos (aterros, corpos de rejeitos, etc.), depósitos induzidos, como os sedimentos que se depositam em razão da erosão decorrente do uso do solo e depósitos modificados (depósitos naturais alterados tecnogenicamente por efluentes, adubos, etc.).

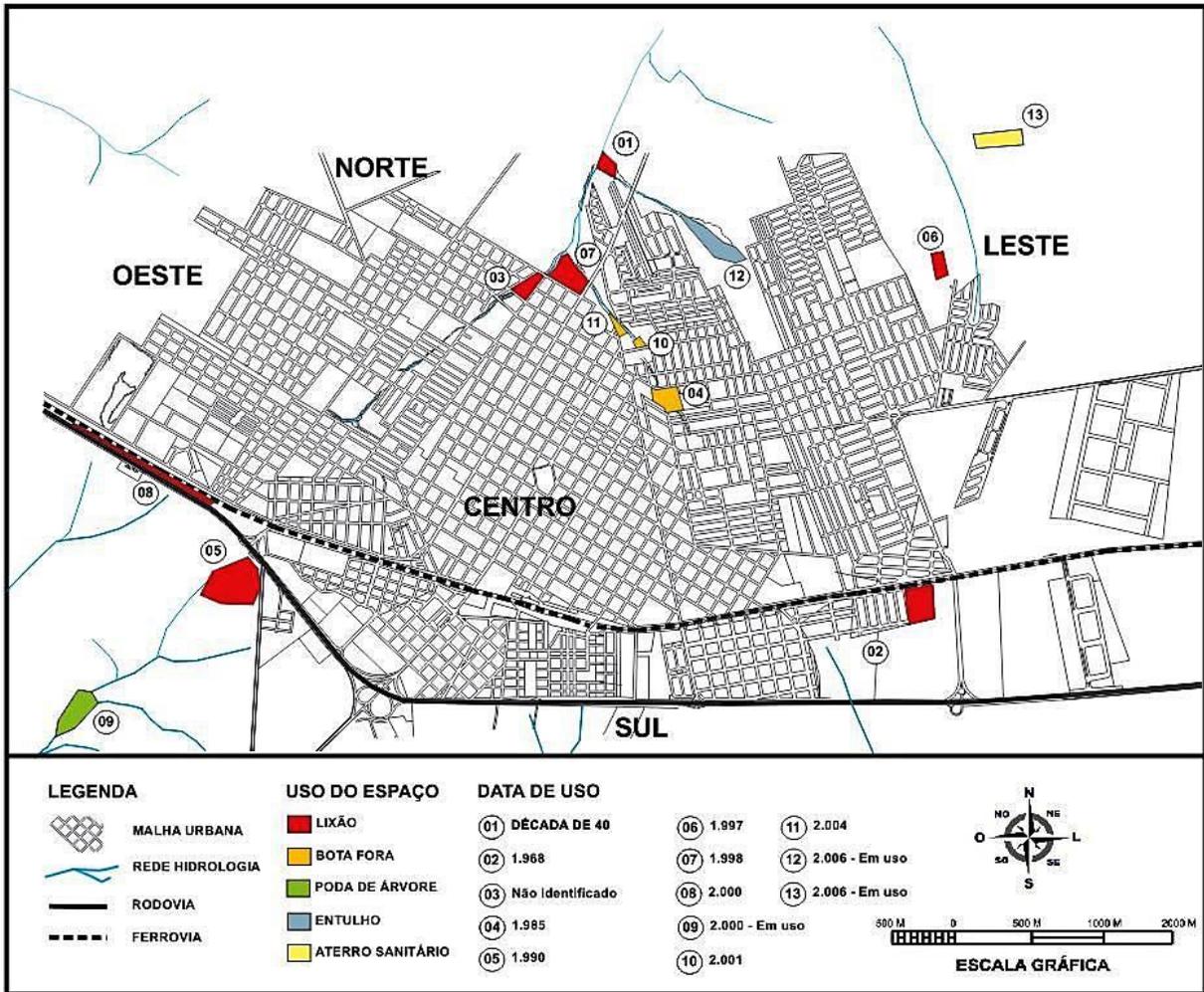
Os depósitos tecnogênicos são classificados como “Tipos Construídos” e “Tipos Induzidos”. Construídos são aqueles que resultam diretamente da ação antrópica, ou seja, representam os “bota-foras”, as barragens diversas, os cortes e aterros, os depósitos de resíduos sólidos, dentre outros; os Induzidos são atribuídos à ação humana, resultando de atividades ligadas ao uso do solo, atividades agrossilvopastoris, atividades industriais, com alterações na cobertura vegetal,

⁹⁵ “Materiais ‘úrbicos’ (do inglês urbic): tratam-se de detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem moderno, freqüentemente em fragmentos, como tijolos, vidro, concreto, asfalto, pregos, plástico, metais diversos, pedra britada, cinzas e outros, provenientes por exemplo de detritos de demolição de edifícios; Materiais ‘gárbicos’ (do inglês garbage): são depósitos de material detritico com lixo orgânico, de origem humana e que, apesar de conterem artefatos em quantidades muito menores que a dos materiais úrbicos, são suficientemente ricos em matéria orgânica para geram metano em condições anaeróbicas.” (PELOGGIA, 1998, p.74).

estimulando os processos erosivos, cujo resultado final é a produção de sedimentos (CASSETI, 2005).

Para demonstrar os locais utilizados para o descarte de diferentes tipos de resíduos sólidos na área urbana de Tupã, Benini e Martin (2012) elaboraram a figura 56 onde é possível observar a localização dos depósitos tecnogênicos em áreas de nascentes e em margens de cursos d'água.

Figura 56 – Histórico dos Depósitos Tecnogênicos na Cidade de Tupã/SP



Informações fornecidas pela Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente; Secretaria Municipal de Planejamento e Infraestrutura; entrevista com funcionários públicos aposentados que realizavam a coleta e disposição dos resíduos e a comunidade das áreas identificadas (2006).

Fonte: BENINI; MARTIN, 2012, p. 42.

Como podem ser observado na figura 56, ao longo do processo de crescimento e desenvolvimento da cidade de Tupã, as Áreas de Preservação Permanente - APPs não foram consideradas como um elemento paisagístico e

estruturador da paisagem, mas sim como um obstáculo físico a ser eliminado. No caso, aterradas com resíduos sólidos urbanos.

4.2 Plano de Macrodrenagem de Tupã/SP

Com a preocupação de responder às demandas da drenagem urbana, em 2006, a Administração Municipal de Tupã viabilizou por intermédio do Comitê Bacias Hidrográficas Aguapeí e Peixe a aprovação⁹⁶ de recurso do Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO, para a elaboração de Estudos de Macrodrenagem Urbana.

Tais Estudos foram concluídos em 2008 e elegeram como ações prioritárias, a implantação do Plano de Macrodrenagem, tendo em vista sua importância enquanto instrumento estratégico para o planejamento urbano.

O Plano de Macrodrenagem apresenta diretrizes para o controle de águas pluviais, dentro de um recorte temporal, com início em 2008 e devendo se estender até 2027. Para execução desse plano foram definidas duas etapas cronológicas:

1ª ETAPA - Caráter emergencial (2008 a 2012) denominada PAI – Plano de Ação Imediata (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA, 2008e, p. 24 - 26).

No diagnóstico do sistema de macrodrenagem da cidade de Tupã (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA, 2008c), foi constatado que todos os canais (Ribeirão Afonso XIII, Cônego Rebouças e Córrego Modelli) estavam comprometidos pela ausência de manutenção. Por esta razão, o Plano de Macrodrenagem propôs a implantação de “programa de manutenção sistemática e preventiva”⁹⁷ podendo atenuar os problemas mais imediatos, por meio de:

⁹⁶ Deliberação CBH-AP/091/06 de 28/03/06, que aprova pontuação dos projetos apresentados ao FEHIDRO, para 2006.

⁹⁷ “A implementação de um sistema de manutenção sistemática do conjunto de estruturas componentes da macrodrenagem de Tupã, de forma a dotar o poder público municipal das condições de ação continuada, pode evitar a deterioração das características de condução dos drenos existentes e a sustentabilidade das soluções propostas” (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA, 2008e, p. 25);

- **Medidas Estruturais:**

- Execução de reservatórios de detenção a céu aberto nos braços direito e esquerdo Ribeirão Afonso XIII.
- Na microdrenagem e rede de esgotos concomitantes foram propostos projetos para aumento dos ramais e execução dos reservatórios de detenção.

2ª ETAPA - Medidas de médio e longo prazo (2014 a 2027), denominada de PAC – Plano de Ação Continuada (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA, 2008e, p. 27 – 90).

Esse plano tem por objetivo orientar a implantação de elementos de macrodrenagem nos loteamentos existentes e que venham a surgir dentro do horizonte do plano (2027) nas bacias em processo de urbanização. O Plano de Ação Continuada conjuga medidas estruturais (intensivas e extensivas/compensatórias) e medidas não estruturais, as quais contribuem para implantação de um sistema de drenagem urbana sustentável na cidade de Tupã⁹⁸.

- **Medidas Estruturais:**

- Até 2025 deverão ser implantados Parques Lineares localizados ao longo do Ribeirão Afonso XIII, Cônego Rebouças e Córrego Modelli (com execução de jusante para montante), executados ao longo dos canais com seção mista grama/concreto – áreas vegetadas, por canais e galerias de concreto, dissipadores de energia e pontilhões de concreto;
- Implantação de microdrenagem em todos os novos loteamentos.

- **Medidas Estruturais Extensivas / Compensatórias:**

⁹⁸ Os programas de drenagem urbana sustentável em articulação com os diversos setores da comunidade (município e empreendedor) têm por objetivo resolver o problema das inundações na fonte produtora e não transferi-lo para jusante, promovendo políticas de desenvolvimento urbano de uso e ocupação do solo, gestão das bacias hidrográficas, ações estruturais, compensatórias e não estruturais para a recuperação das áreas úmidas, prevenção, controle e mitigação dos impactos provocados pelas inundações urbanas e enchentes ribeirinhas.” (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA, 2008e, p. 37);

- Proteção contra inundações (medidas de proteção individual das edificações em áreas de risco);
 - Aumentar a permeabilidade do solo urbano, por meio de tipologias da infraestrutura verde;
 - Aumentar a conectividade dos espaços verdes;
 - Bacias de retenção alagadas.
 - Bacias de retenção secas;
 - Bacias de percolação;
 - Faixas gramadas – faixas vegetadas;
 - Planos e Valas de infiltração;
 - Poços de infiltração;
 - Reservatórios individuais ou em lotes;
 - Telhados armazenadores / Telhados vegetados;
 - Trincheiras de infiltração em ruas;
 - Utilização de pavimentos permeáveis;
 - Valetas gramadas;
 - Controle da erosão (Voçorocas).
- **Medidas Não Estruturais⁹⁹:**
 - Regulamentação do uso e ocupação do solo (principalmente em fundo de vale);
 - Implantação da Divisão de Drenagem;
 - Implantação da Taxa de Permeabilidade do Solo¹⁰⁰;
 - Seguro contra inundações;
 - Sistema de alerta, supervisão e controle de cheias;
 - Implantação e conservação das áreas verdes;
 - Educação Ambiental;
 - Varrição de ruas;
 - Disposição e destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos.

⁹⁹ “As medidas não estruturais são aquelas de caráter extensivo, com ações abrangendo toda a bacia, ou de natureza institucionais, administrativas ou financeiras, adotadas individualmente ou em grupo, espontaneamente ou por força de legislação, destinadas a atenuar os deflúvios (vazões) ou adaptar os ocupantes das áreas potencialmente inundáveis a conviverem com a ocorrência periódica do fenômeno”. (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA, 2008e, p. 40);

¹⁰⁰Taxa de Permeabilidade do solo é determinada a partir da relação entre a parte permeável, que permite a infiltração de água no solo, livre de qualquer edificação, e a área total do terreno.

Segundo a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (2008e, p. 94), a execução do “Plano de Macrodrenagem em sua essência” (Plano de Ação Imediata e o Plano de Ação Continuada) tem por objetivo melhorar a qualidade de vida da população tupãense “no cenário atual”, por meio de “investimento da ordem de R\$ 69.000.000,00 até 2027”.

Em 2010, foi viabilizada a assinatura do convênio com o Governo Federal por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) Saneamento, marcando o início de execução das obras prevista no Plano de Macrodrenagem. Nessa primeira etapa (vinculada ao Plano de Ação Imediata) as obras foram orçadas em 24,5 milhões de reais, sendo:

- 10,5 milhões a fundo perdido;
- 12,8 milhões serão liberados através de financiamento já aprovado pela Caixa Econômica Federal;
- 1,2 milhão será a contrapartida do Município.

Todavia, deve-se destacar que uma vez vinculados os recursos públicos ao Plano Macrodrenagem, no caso específico em estudo, necessariamente, o administrador público poderá ser responsabilizado a qualquer tempo, por ações ou omissões que venham comprometer a execução desse plano.

Neste sentido, a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (2008e) ressalta que

[...] as medidas estruturais devem e virão acompanhadas de outras medidas denominadas, **compensatórias e não-estruturais**. Estas, na grande maioria, de caráter institucional serão parte integrante do PAC e, como tal, deverão ser implementadas dentro do horizonte do plano, ou seja, até 2028. Tais medidas darão sustentabilidade aos Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã, e portanto, **não deverão ficar restritas somente às escritas contidas neste relatório, mas deverão vir acompanhadas de medidas efetivas do poder público municipal, responsável por sua implantação e cumprimento. Todavia, há de haver perseverança e fiscalização dessas ações.** (p. 24).

Desta forma, destaca-se que a importância da fiscalização na execução do Plano de Macrodrenagem, seja pela administração pública, Tribunal de Contas,

Ministério Público (por se tratar de interesse comum) e aos diversos setores organizados da sociedade civil.

No tocante ao Plano de Ação Continuada (previstas para serem executadas no período de 2014 a 2027), constatou-se durante a elaboração desta pesquisa, que algumas medidas foram executadas em 2009, a exemplo:

- **Medidas Estruturais:**

- Implantação de Parque Linear localizado no encontro do braço direito com o braço esquerdo do Ribeirão Afonso XIII;
- Exigência da implantação de microdrenagem em todos os novos loteamentos.

- **Medidas Estruturais Extensivas / Compensatórias:**

- Aumentar a permeabilidade do solo urbano, por meio de tipologias da infraestrutura verde;
 - Aumentar a conectividade dos espaços verdes;
 - Bacias de retenção secas;
 - Utilização de pavimentos permeáveis;
- Controle da erosão (Voçorocas).

- **Medidas Não Estruturais:**

- Regulamentação do uso e ocupação do solo (principalmente em fundo de vale), pelo Plano Diretor¹⁰¹ de Desenvolvimento Sustentável;
- Implantação da Taxa de Permeabilidade do Solo, por meio da Outorga Onerosa do Direito de Construir (Solo Criado)¹⁰².

¹⁰¹ Segundo Machado (2012, p. 380), Plano Diretor é um “[...] conjunto de normas obrigatórias, elaborado por lei municipal específica, integrando o processo de planejamento municipal, que regula as atividades e empreendimentos do próprio Poder Público Municipal e das pessoas físicas ou jurídicas, de direito privado ou público, a serem levadas a efeito no território municipal”. Para Villaça (1997, p. 2) seria um “plano que, a partir de um diagnóstico científico da realidade física, social, econômica, política e administrativa da cidade, do município e de sua região, apresentaria um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento socioeconômico e futura organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infraestrutura urbana, para a cidade e para o município, propostas estas definidas para curto, médio e longo prazos, e aprovadas por lei municipal.”

¹⁰² Outorga Onerosa do Direito de Construir é aplicada a “toda área edificável além do coeficiente único de aproveitamento do lote, legalmente fixado para o local. O Solo Criado será sempre um acréscimo ao direito de construir além do coeficiente básico de aproveitamento estabelecido pela lei;

- Implantação e conservação das áreas verdes;
- Manutenção do serviço de limpeza de ruas e manutenção dos canais, e galerias de escoamento de águas pluviais;
- Disposição e destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos.
- Revegetação da mata ciliar do braço esquerdo do Ribeirão o Afonso XIII;
- Foi exigida a previsão dos índices mínimos de permeabilidade como requisito para aprovação de projetos residenciais, comerciais e industriais.

Em âmbito geral, seja pela execução do Plano de Ação Imediata ou pela antecipação da execução do Plano de Ação Continuada, é possível constatar seus benefícios na melhoria da qualidade ambiental da cidade e de vida população, o que pode ser verificado a partir dos efeitos institucionais e ações consolidadas decorrentes do Plano de Macrodrenagem.

4.2.1 Efeitos Institucionais

No **Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável** (Inciso II, do Art. 88, da Lei Complementar Nº 170/ 2009) torna obrigatória a implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, denominado **Plano de Macrodrenagem**, o qual está estruturado pelo Plano de Ação Imediata e o Plano de Ação Continuada.

Entretanto, como medida preventiva ao não cumprimento desse dispositivo (Inciso II, do Art. 88, da Lei Complementar Nº 170/ 2009), o legislador transcreveu parte das proposituras do Plano de Macrodrenagem nos Incisos I a XIII, do Art. 93 do Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável (Lei Complementar Nº 170/ 2009).

acima desse coeficiente, até o limite que as normas edilícias admitirem, o proprietário não terá o direito originário de construir, mas poderá adquiri-lo do Município, nas condições gerais que a lei local dispuser para a respectiva zona" (MEIRELLES, 1986, p. 333).

Art. 93. Ficam estabelecidas diretrizes específicas para a gestão de águas pluviais na área urbana:

- I - Prever a implantação de obras de abertura e adequação de canais de escoamento de águas pluviais e de remoção das interferências existentes;
- II - Prever a implantação de obras de proteção de áreas sujeitas a inundação, considerando a dinâmica do córrego urbano e os picos de cheias;
- III - Prever a implantação de programas integrados de reurbanização com remanejamento de interferência e/ou relocação de habitação quando couber, com objetivo de coibir eventuais sinistros;
- IV - Manter serviço de limpeza e manutenção dos canais, reservatórios de detenção e galerias de escoamento de águas pluviais;
- V - Promover revegetação ciliar;
- VI - Adotar padrões de pavimentação dos espaços que garantam elevados índices de permeabilidade do solo;
- VII - Adotar programa de contingência para eventos críticos de cheias;
- VIII - Promover programa de educação da comunidade e de divulgação de ações para melhoria e proteção do sistema de drenagem;
- IX - Promover o controle do uso e ocupação do solo resguardando várzeas e garantindo a manutenção dos índices de permeabilidade do território nos níveis planejados;
- X - Promover o controle da erosão e assoreamento, resguardando a capacidade de escoamento dos canais de drenagem;
- XI - Coibir o lançamento de qualquer resíduo ou efluente não tratado nas galerias pluviais e nos corpos d'água do Município.
- XII - Elaborar programas de educação ambiental para a população em geral, objetivando a adoção de sistema de reuso de água servida, exceto para o consumo humano, nos prédios residências, comerciais e industriais;
- XIII - Exigir a previsão dos índices mínimos de permeabilidade como requisito para aprovação de projetos residenciais, comerciais e industriais.

Em atendimento às medidas estruturais e não estruturais do Plano de Macrodrenagem, a Lei Complementar nº 170/2009 determina que

Art. 70. O parcelamento de solo deverá obedecer à seguinte qualificação:

§ 1º Os loteamentos obedecerão às diretrizes gerais e dependerão de prévia aprovação da Municipalidade.

I - a infraestrutura dos parcelamentos deverá ser constituída pelos equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar e vias de circulação com guia, sarjeta, calçadas, asfalto e arborização;

II - o escoamento das águas pluviais será dado através da construção de galeria de águas pluviais, dimensionadas de acordo com a bacia de contribuição, com captação em todo loteamento e condução até o local adequado, incluindo escadarias, dissipadores, ou obra conforme especificada pela municipalidade;

Este dispositivo legal (Artº 70, § 1º, Inciso I e II, da Lei Complementar Nº 170/2009) obriga os empreendedores (loteadores) a implantar os equipamentos urbanos (galerias, escadarias, dissipadores, dentre outros) para o escoamento

(drenagem) das águas pluviais, sendo que até então, este era um passivo da Administração Pública.

Além dessa obrigatoriedade do gerenciamento das águas pluviais, o § 1º, do Art. 70, da Lei Complementar Nº 170/2009 determinou que os novos loteamentos deverão destinar 20% da gleba, como de uso comum para implantação de parques temáticos, infantis e/ou jardins, bosques e hortos, com a possibilidade da instalação de equipamentos esportivos e de lazer conforme percentual determinado pela Resolução SMA-SP 31 de 19 de maio de 2009. Essa medida permitirá não só a oferta de áreas verdes públicas, mas também, permitirá a ampliação das áreas permeáveis na área urbana.

Conjugado a esse dispositivo legal (Artº 70, § 1º, Inciso I e II, da Lei Complementar Nº 170/2009), a **Política do Território Urbano**, prevê como estratégia o desenvolvimento de “Planos e Programas de Recuperação da Microbacia do Afonso XIII” (Inciso V, Art. 30, da Lei Complementar Nº 170/2009). Neste sentido, a **Política do Meio Ambiente** determinou como diretriz,

II - preservar e buscar a recuperação dos elementos do meio ambiente natural, necessários à vida do ecossistema urbano e rural, em especial a qualidade do ar, da água, a estabilidade das encostas, a permeabilidade do solo e o escoamento e direcionamento das águas pluviais; (Art. 35, da Lei Complementar Nº 170/2009).

Com esta preocupação, ficou estabelecido que esta diretriz seria implementada por meio das seguintes ações estratégicas:

II - implantar a Política Municipal de Gestão das Águas;

[...]

VIII - promover a criação de programas para a efetiva implantação das áreas verdes previstas em conjuntos habitacionais e loteamentos;

XII - promover o zoneamento, proteção e manejo de áreas públicas de preservação permanente e bolsões verdes da malha urbana, bem como, de áreas passíveis de degradação;

XV - implantar o sistema municipal de áreas verdes e parques municipais;

XXII - ampliar a oferta de áreas verdes públicas, implantando equipamentos de lazer, esportes e infra-estrutura e criar praças nos bairros carentes de área verde com mobiliário urbano adequado e tratamento paisagístico, permitindo o acesso de toda a população;

XXIV - preservar as áreas ambientalmente frágeis ocupadas e viabilizar a recuperação das áreas degradadas, especialmente as margens dos córregos urbanos;

XXVIII - Combater a formação de voçorocas; (Art. 36, da Lei Complementar Nº 170/2009).

Em conformidade com as medidas legais adotadas pela municipalidade, além da preocupação com a gestão das águas e o combate à erosão (voçorocas), houve uma preocupação do legislador em criar mecanismos para o aumento da permeabilidade do espaço urbano, pela obrigatoriedade de áreas reservadas à implantação de áreas verdes (praças, jardins e parques), bem como pela recuperação dos córregos urbanos, a exemplo do Ribeirão Afonso XIII, Cônego Rebouças e Córrego Modelli, por meio da implantação de parques lineares.

Neste sentido, seguindo as recomendações do Plano de Macrodrenagem, além da implantação dos parques lineares, esses canais de drenagem foram demarcados no Zoneamento Urbano como **ZOC – Zona de Ocupação Controlada** (Anexo 1 - MAPA 04 do Plano Diretor - Novo Zoneamento da Cidade de Tupã), por serem “áreas sujeitas a alagamento” (Art. 52, da Lei Complementar Nº 170/2009 - MAPA 04 - Novo Zoneamento da Cidade de Tupã).

Como medida protetiva das ZOC, ficaram estabelecidas no § 1º, do Art. 52, da Lei Complementar Nº 170/2009, as **Áreas de Preservação Ambiental (APA)** as quais foram demarcadas:

- I - nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica da área urbana, tem uma área de preservação ambiental, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
- II - são consideradas áreas de preservação ambiental aquelas localizadas na área urbana, até o limite 30 (trinta) metros da margem dos cursos d'água;

Além dessas medidas protetivas das APA, o legislador se preocupou em controlar o processo de urbanização da ZOC, restringindo a construção ou ampliação de novas edificações (residenciais, comerciais e industriais) no local, proibição de bota-fora ou depósito de resíduos de qualquer natureza, além de proibir o desmatamento e obrigar os proprietários de imóveis sem edificações a recuperar a cobertura vegetal com o plantio de espécies arbóreas (Inciso III, IV e V, do § 1º, do Art. 52, da Lei Complementar Nº 170/2009).

As ZOC foram divididas em duas categorias:

- **Zona de Ocupação Controlada - A (ZOC-A)** compreende uma área de 50 (cinquenta) metros a partir da margem dos córregos urbanos, em toda área urbanizada, sendo que nos primeiros 30 (trinta metros)

a taxa de permeabilidade é de 100% (cem por centos) e nos 20 (vinte) metros a partir da APA (Área de Proteção Ambiental) a taxa de permeabilidade é de 40 % (quarenta por cento) (Inciso I e II, do § 3º, do Art. 52, da Lei Complementar Nº 170/2009).

Deve destacar que nas ZOC-A será aplicado o Direito de Preempção¹⁰³ (Anexo 2 - MAPA 10 - Instrumentos Jurídicos do Plano Diretor - Parte A), por 30 anos, objetivando a remoção às famílias dessas áreas para implantação de parques lineares (Inciso III, do § 3º, do Art. 52, da Lei Complementar Nº 170/2009).

- **Zona de Ocupação Controlada – B (ZOC-B)** compreende uma área de 100,00 (cem) metros a partir da margem dos córregos em área de expansão urbana, onde a taxa de ocupação do solo será de 10% (dez por cento) e a taxa de permeabilidade será de 90% (noventa por cento) com exceção das APPs, onde estão proibidas as edificações, sendo obrigatória a recuperação das áreas degradadas através da implantação de infraestrutura alternativa, a exemplo dos parques lineares (Incisos I e II do § 4º, do Art. 52, Inciso III e IV, do Art. 53, da Lei Complementar Nº 170/2009).

Complementando estes dispositivos protetivos, o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável (Art. 75, da Lei Complementar Nº 170/2009) determinou como índices urbanísticos, a Taxa de Ocupação e de Permeabilidade em toda a área urbanizada do Município de Tupã (Quadro 12):

¹⁰³Segundo Toshio Mukai (2008, p. 18), conceitua-se Direito de Preempção Municipal como “a possibilidade legal que permite ao Poder Público municipal (no caso da lei) exercer o direito de preferência para aquisição de imóvel urbano objeto de alienação onerosa entre particulares”.

Quadro 12 – Índices Urbanísticos da Área Urbana do Município de Tupã/SP

Zoneamento	Taxa de Ocupação (%)	Coefficiente de Permeabilidade
Zona Exclusivamente Residencial (Artigo 38)	60	20
Zona Preferência Residencial (Artigo 40)	60	20
Zona Preferência Empresarial	70	20
Zona Exclusivamente Empresarial	70	20
Área de Preservação Ambiental Urbana	00	90
Zona Ocupação Controlada – A	50	40
Zona Ocupação Controlada – B	10	90
Zona Especial de Interesse Ambiental – A 10	10	90
Zona Especial de Interesse Ambiental – B	10	90
Zona Especial de Interesse Ambiental – C	70	20

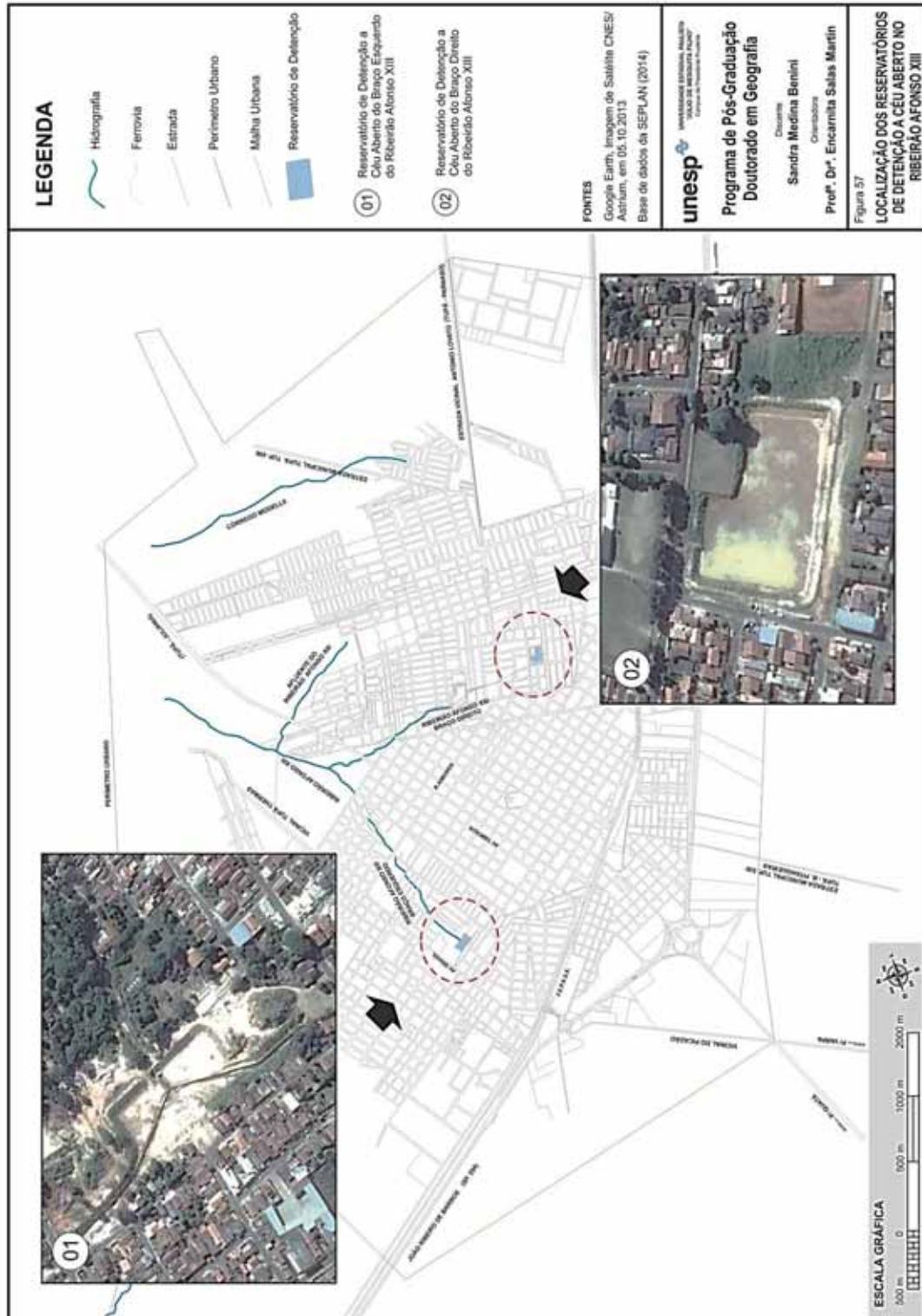
Fonte: Lei Complementar Nº 170/2009.

O não cumprimento dos índices urbanísticos determinados no Art. 75, da Lei Complementar Nº 170/2009, implica na obrigatoriedade da cobrança da Outorga Onerosa do Direito de Construir, com o equivalente a 3 (três) vezes o valor anual do Imposto Predial e Territorial Urbano - IPTU, calculado sobre a área excedente (§ 1º, do Art. 74, da Lei Complementar Nº 170/2009).

Como pode ser observado, o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável (Lei Complementar Nº 170/ 2009) institucionalizou parte das recomendações contidas no Plano de Macrodrenagem, contribuindo assim, para as adequações do sistema de infraestrutura urbana e por consequência a melhoria da qualidade ambiental da cidade de Tupã.

4.2.2 Ações Consolidadas

Para verificação das ações consolidadas, foram consideradas as obras de macrodrenagem executadas dentro do recorte temporal de 2008 a 2012, conforme estabelecido nesta pesquisa. Dentre elas destacam-se os reservatórios de detenção a céu aberto, os quais deverão ser interligados ao leito do Ribeirão Afonso XIII (Figura 57).

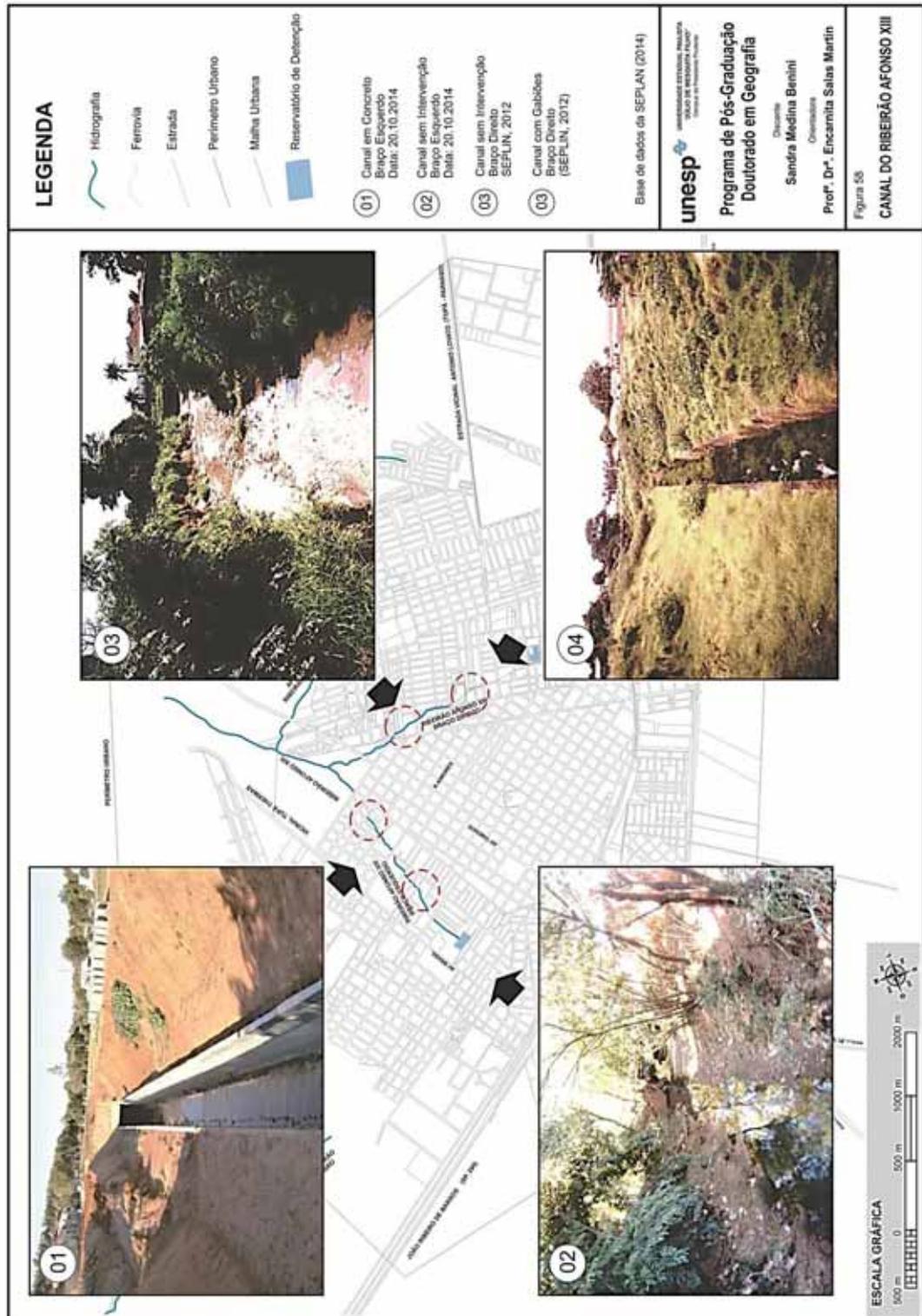


Os reservatórios de detenção a céu aberto, enquanto tipologias da infraestrutura verde integram as medidas estruturais previstas no Plano de Ação Imediata. Atualmente, ambos os reservatórios (Braço Direito e Esquerdo do Ribeirão Afonso XIII) encontram-se em fase de execução.

Complementando o sistema de macrodrenagem, a pesquisa constatou trechos de obras executadas no braço direito em canalização aberta e outras em fase de execução no braço esquerdo do Ribeirão Afonso XIII.

Ao longo canal foi verificado que estão em andamento diversas intervenções, tanto no Braço Direito como no Braço Esquerdo (Figura 58 – Canal do Ribeirão Afonso XIII), como a contenção e estabilização de taludes e a implantação do Parque Ecológico.

Projetos de intervenções urbanísticas que apresentam como proposta a instalação de equipamentos urbanos (praças, jardim, parques, dentre outros) em áreas degradadas, a exemplo da cidade Tupã, além de valorizar e estruturar a paisagem, oferecem vários benefícios sociais, recreativos, lazer e ambientais, influenciando diretamente na qualidade de vida da população, bem como na qualidade ambiental do espaço urbano.



Além da construção dos reservatórios e da intervenção no canal do Ribeirão Afonso XIII, as quais foram previstas no Plano de Ação Imediata, a SEPLIN (2012) - com base em novos conceitos recentemente empregados na infraestrutura de drenagem - iniciou em 2005, a execução de diversas obras visando à melhoria do sistema de macro e micro drenagem, as quais eram compostas por um conjunto de ações para disciplinamento das águas pluviais, compreendendo desde a construção de dissipadores em pontos estratégicos, ampliação da rede de galerias, construção de gabiões em diversos trechos do Ribeirão Afonso XIII. Para a estabilização das vertentes do canal, foram aumentadas as áreas permeáveis à montante, onde as taxas de impermeabilização apresentavam índices elevados. Todas essas medidas objetivaram amenizar os impactos decorrentes de precipitações mais intensas (Figuras 59 e 60).

Figura 59 – Medidas Estruturais



Dissipador de Energia no Cônego Rebouças
Fonte: SEPLIN, 2012.

Figura 60 – Medidas Estruturais



Gabiões no Ribeirão Afonso XIII
Fonte: SEPLIN, 2012.

O uso de gabiões para contenção de encostas pode ser considerado uma técnica da bioengenharia, ou seja, incorpora princípios da infraestrutura verde. Esse trabalho desenvolvido pela SEPLIN (2012) visava conter a formação de voçorocas urbanas, devido à alta suscetibilidade a erosão dos solos existentes na região onde está localizada a malha urbana.

A contribuição dos recentes estudos referentes à engenharia hidráulica, especificamente ao sistema de drenagem urbana, no que se relaciona às interações decorrentes das ações antrópicas no meio ambiente possibilita, nos dias atuais, que novos mecanismos sejam adotados em projetos de drenagem com a finalidade de não somente amenizar os problemas existentes, mas também voltados à valorização das condições ambientais dos corpos d'água e de todo o ecossistema urbano.

Nesse sentido, é preciso admitir a necessidade do enfrentamento de diversas restrições, por tratar-se de uma quebra de paradigmas, os quais orientam, há muito tempo, a concepção e implantação dos projetos de engenharia hidráulica vinculados ao sistema de drenagem em várias cidades brasileiras.

Ao adotar essa postura, a SEPLIN (2006), por meio de vários estudos de engenharia hidráulica revisa todo o sistema de Interligação do sistema de macro drenagem ao sistema de micro drenagem, com o objetivo de elaborar projetos que conciliem os efeitos da urbanização consolidada e o ciclo natural das águas. Com esses estudos, foi detectada a necessidade de rever e remodelar o número de ramais, bocas de lobos, caixas de passagem e poços de visita, dentre outros, na cidade de Tupã (Figuras 61 a 63).

Figura 61 – Obra no Sistema de Microdrenagem



Construção e Manutenção das Bocas de Lobo
Fonte: SEPLIN, 2012.

Figura 62 – Obra no Sistema de Microdrenagem



Construção e Manutenção das Bocas de Lobo
Fonte: SEPLIN, 2012.

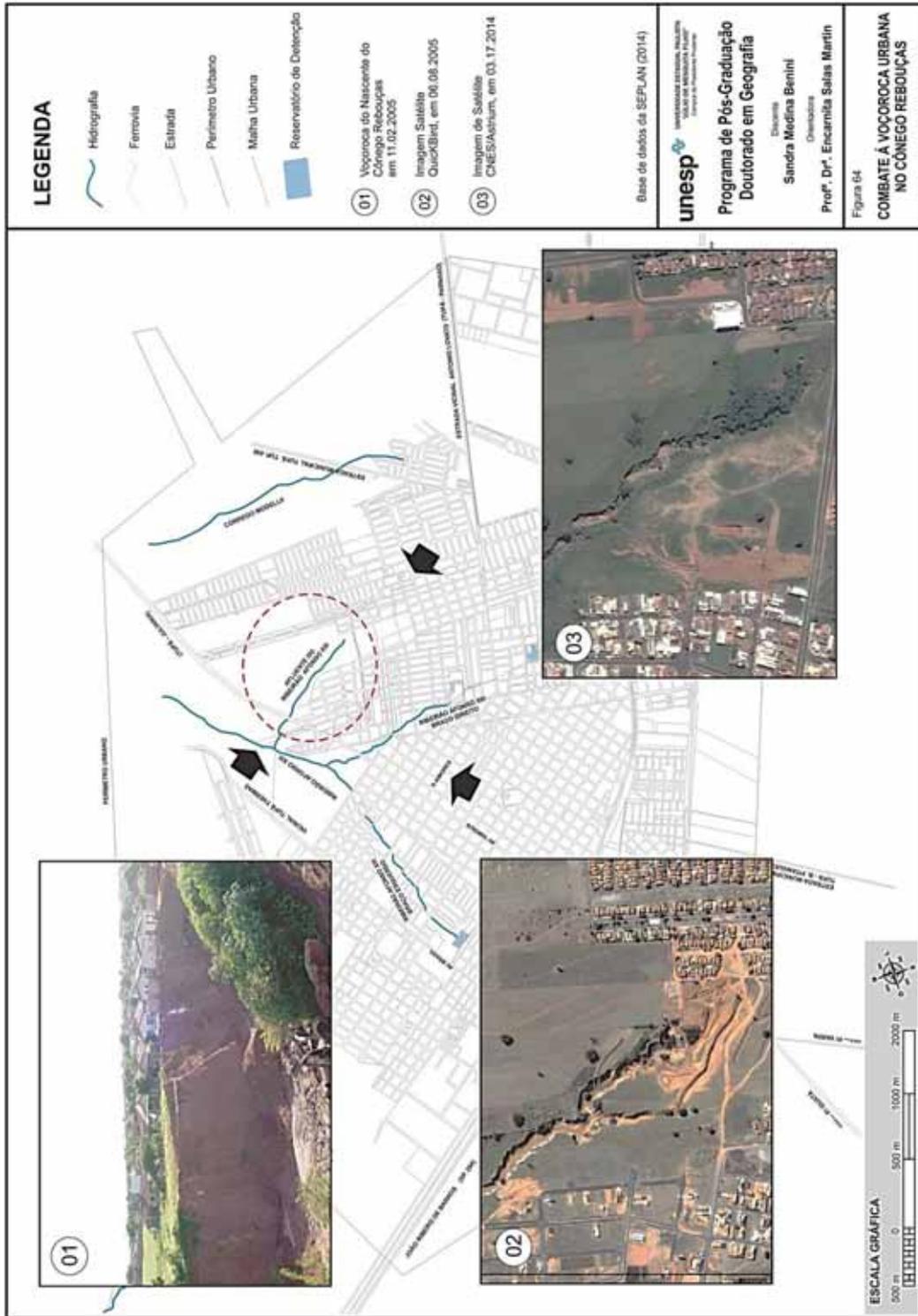
Figura 63 – Obra no Sistema de Microdrenagem



Troca e Ampliação da Rede Pluvial
Fonte: SEPLIN, 2012

A pesquisa de campo constatou ainda que, as obras relacionadas ao sistema de microdrenagem (Braço Esquerdo do Ribeirão Afonso XIII) previstas no Plano de Ação Imediata foram concluídas e que as obras referentes ao Braço Direito frente às adversidades a que estão sujeitas, ainda se encontram em execução.

Conforme foi mencionado anteriormente, a SEPLIN em razão da gravidade e complexidade dos problemas decorrentes de períodos de chuvas intensas, que por décadas causou danos materiais e sociais não mais toleráveis, antecipou diversas ações previstas no Plano de Ação Continuada, abrangendo medidas estruturais e não estruturais, dentre elas destaca-se a intervenção na nascente do Cônego Rebouças, com execução de redes de galerias (quatro linhas de tubos Armco) como uma das medidas destinadas a combater a voçoroca existente no local (Figura 64).



Além das medidas descritas acima, para contenção do intenso processo erosivo – já em estágio de voçoroca - existente no Cônego Rebouças a Prefeitura Municipal de Tupã licenciou essa área junto à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, como um aterro de resíduos da construção civil, para posteriormente implantar no local um Parque Ambiental (Figuras 65 a 67).

Figura 65 – Projeto do Parque Ambiental no Cônego Rebouças



Fonte: SEPLIN, 2008

Figura 66 – Cenário Futuro do Parque Ambiental no Cônego Rebouças



Fonte: SEPLIN, 2008

Figura 67 – Cenário Futuro do Parque Ambiental no Cônego Rebouças



Fonte: SEPLIN, 2008

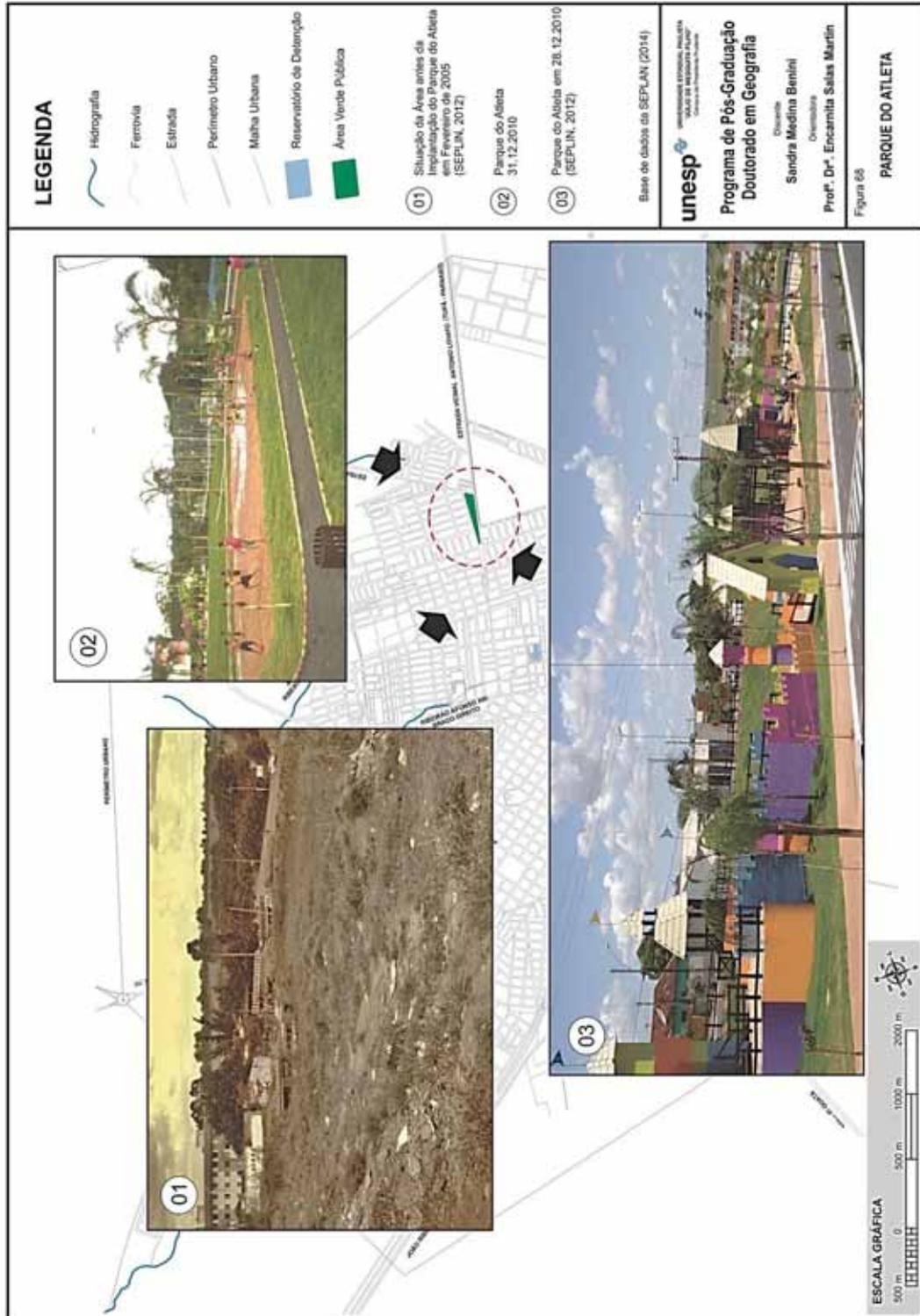
Para a SEPLIN (2012), a implantação do Parque Ambiental, além de possibilitar a recuperação da área degradada, através da revegetação de todo o espaço, com espécies vegetais específicas para esta finalidade, contribuiria de forma positiva com a implantação de mais um equipamento de uso público para uma região, onde as demandas por espaços de recreação, lazer e atividades esportivas, tendo em vista que permitiria que a população local poderia usufruir de um espaço multifuncional, o qual conjugaria diversos equipamentos destinados a atividades socioculturais, inseridos em uma ampla área verde.

No que se refere à proposta para implantação do Parque Ambiental, foram observados vários aspectos ligados à condição ambiental do local, demarcadas as nascentes existentes, delimitado o caminho natural das águas pluviais, verificadas as condições do solo, e demarcado o espaço utilizado com aterro de resíduos da construção civil. Todo esse cuidado permitiu a elaboração de uma proposta capaz de responder e se adequar às demandas ambientais e à necessidades de novos usos, respeitando as fragilidades do meio, e as normas ambientais e urbanísticas ao propor a revegetação com espécies nativas específicas para esta finalidade, além de limitar o índice de construção a 5% da área total.

Outro ponto que merece destaque no projeto, são áreas vegetadas para a proteção de nascentes e retenção de água e como medida estratégica para a melhoria de infiltração de água e preservação e conservação desses elementos que figuram como pontos de conexão ao interligarem massas arbustivas formando pequenos corredores de massa vegetal que passeiam pelo espaço formando um cenário paisagístico diferenciado, numa tentativa de resgate da biodiversidade local.

Para garantir a construção do Parque Ambiental, a SEPLIN solicitou que o projeto temático integrasse as proposituras do Plano de Macrodrenagem. Todavia, até a presente data, a atual Administração Municipal (Gestão 2013-2016) não manifestou interesse para execução da obra.

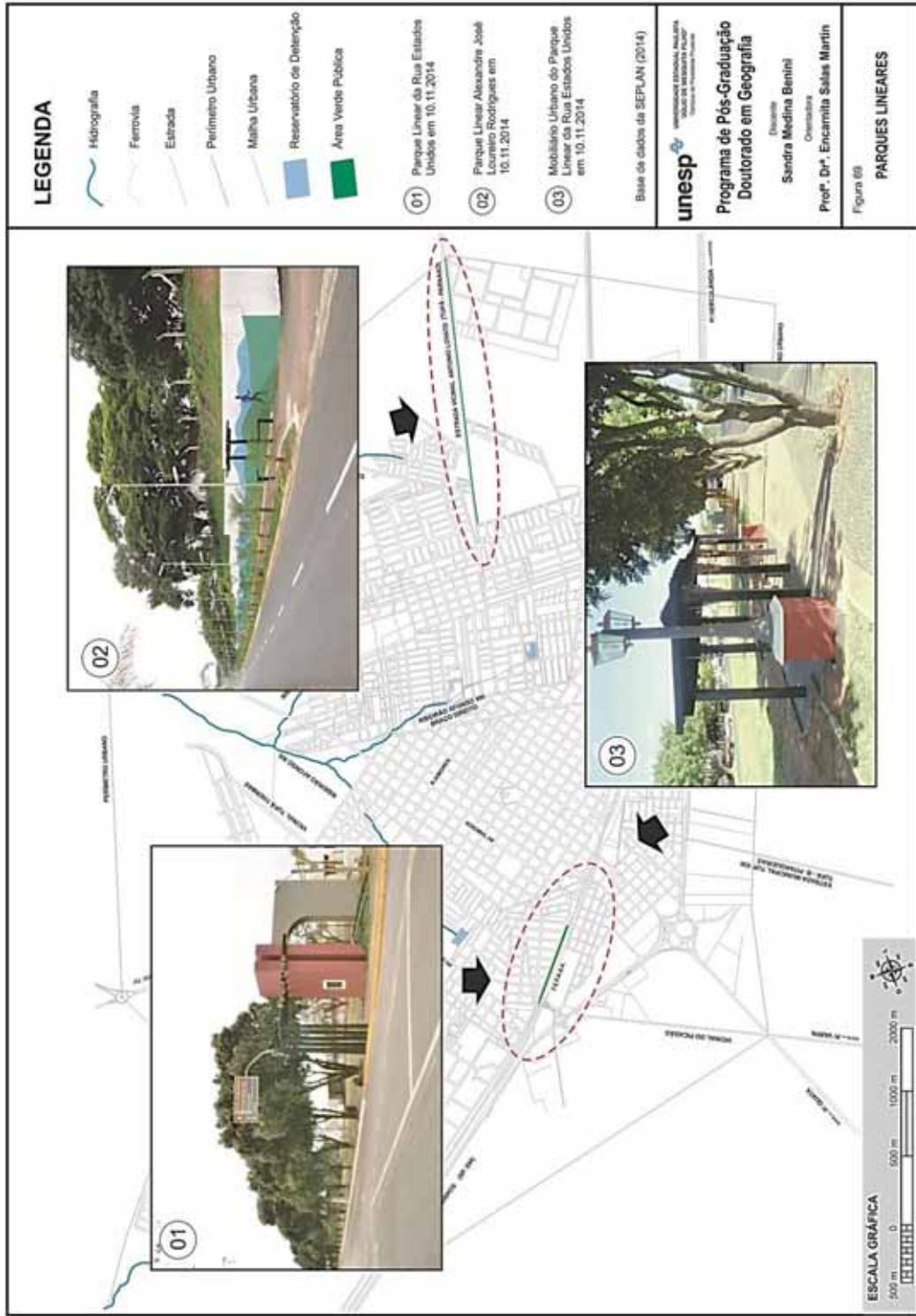
Ao contrário da atual Gestão (2013-2016), a Administração Municipal (Gestão 2009-2012) compreendia a importância e alcance das ações propostas pelo Plano de Macrodrenagem (Plano de Ação Continuada), tanto é que houve uma reestruturação do Plano de Governo e do próprio planejamento orçamentário do município, de modo a possibilitar o início da execução das medidas emergenciais em pontos estratégicos da cidade que, além das obras de engenharia orientadas pelos princípios da infraestrutura verde, marcada pela implantação dos três parques urbanos: Parque do Atleta com uma área de 19.361,93 metros quadrados (Figura 68); Parque Linear da Rua Estados Unidos com 670 metros lineares e o Parque Linear Alexandre José Loureiro Rodrigues com 1.650,00 metros de extensão (Figura 69).



O Parque do Atleta foi implantado em uma área degradada, ocupada por lagoas secas, com a finalidade de amortecer e reter o fluxo das águas pluviais em períodos de chuvas intensas – e que eram responsáveis por alagamentos de imóveis situados em bairros desprovidos dos sistemas de drenagem e localizados em cotas mais baixas. Nos períodos de estiagem, essas bacias tinham outra função – servir como depósito irregular de resíduos urbanos. Nos documentos técnicos apresentados pela SEPLIN (2012), verifica-se, que foi realizada a implantação de redes de galerias, ou seja, todos os dispositivos que compõem o sistema de micro drenagem, como solução aos problemas de alagamento para numa fase posterior, iniciar a construção do parque.

São vários os motivos que justificam a implantação de tais equipamentos, dentre eles, merecem destaque a busca por qualidade de vida, que encontra-se vinculada aos aspectos da infraestrutura, aspectos econômico-social e notadamente, aqueles que envolvem os aspectos ambientais. Por suas características específicas são indispensáveis para a construção de uma cidade saudável. A partir dessa premissa, são ações essenciais para a melhoria da qualidade de vida da população por proporcionarem oportunidades de recreação, lazer, práticas esportivas, fomentando a sociabilidade entre as comunidades, além de ajudar na melhoria das condições do clima urbano e demais serviços ambientais.

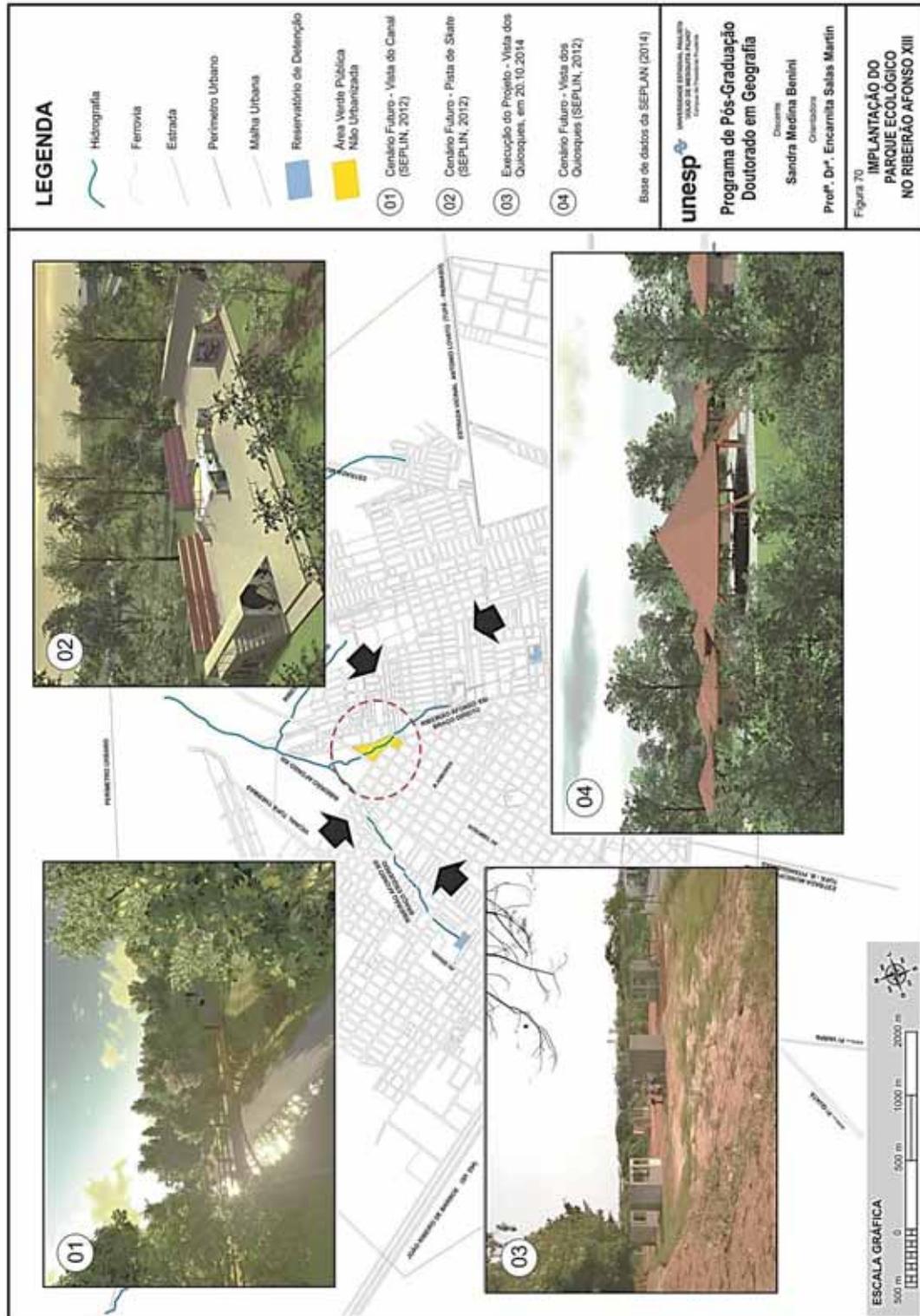
Com esse enfoque, a implantação dos equipamentos de lazer e recreação foi orientada a partir de um projeto temático, valorizando o imaginário dos frequentadores e a necessidade de implantar uma política de inclusão socioespacial. Em síntese, essas alterações no processo de gestão do espaço urbano, ao permitirem a introdução de novas tipologias, se constituíram em novidades não apenas para a população local, com também uma referência importante de valorização do espaço urbano, onde as melhorias são reconhecidas pelos municípios vizinhos, que passaram a reproduzi-las em escalas diferenciadas, mas seguindo a mesma concepção. Desse modo, não apenas o Parque do Atleta, mas outros espaços públicos onde ocorreram intervenções dessa natureza, tem sido considerados pontos turísticos da cidade atraindo visitantes das cidades vizinhas.



Os parques lineares (Figura 69), por apresentarem trechos de áreas gramadas e arborizadas, contribuem para a permeabilidade e favorecem a conectividade dos espaços.

Como espaços multifuncionais, esses parques oferecem lazer e recreação para população tupãense, além de oferecerem benefícios ambientais provenientes do maciço verde (espécies arbóreas de pequeno, médio e grande porte presentes no local), como combate à poluição do ar através da fotossíntese, regula a umidade e temperatura do ar e ajuda a reduzir os níveis de ruídos.

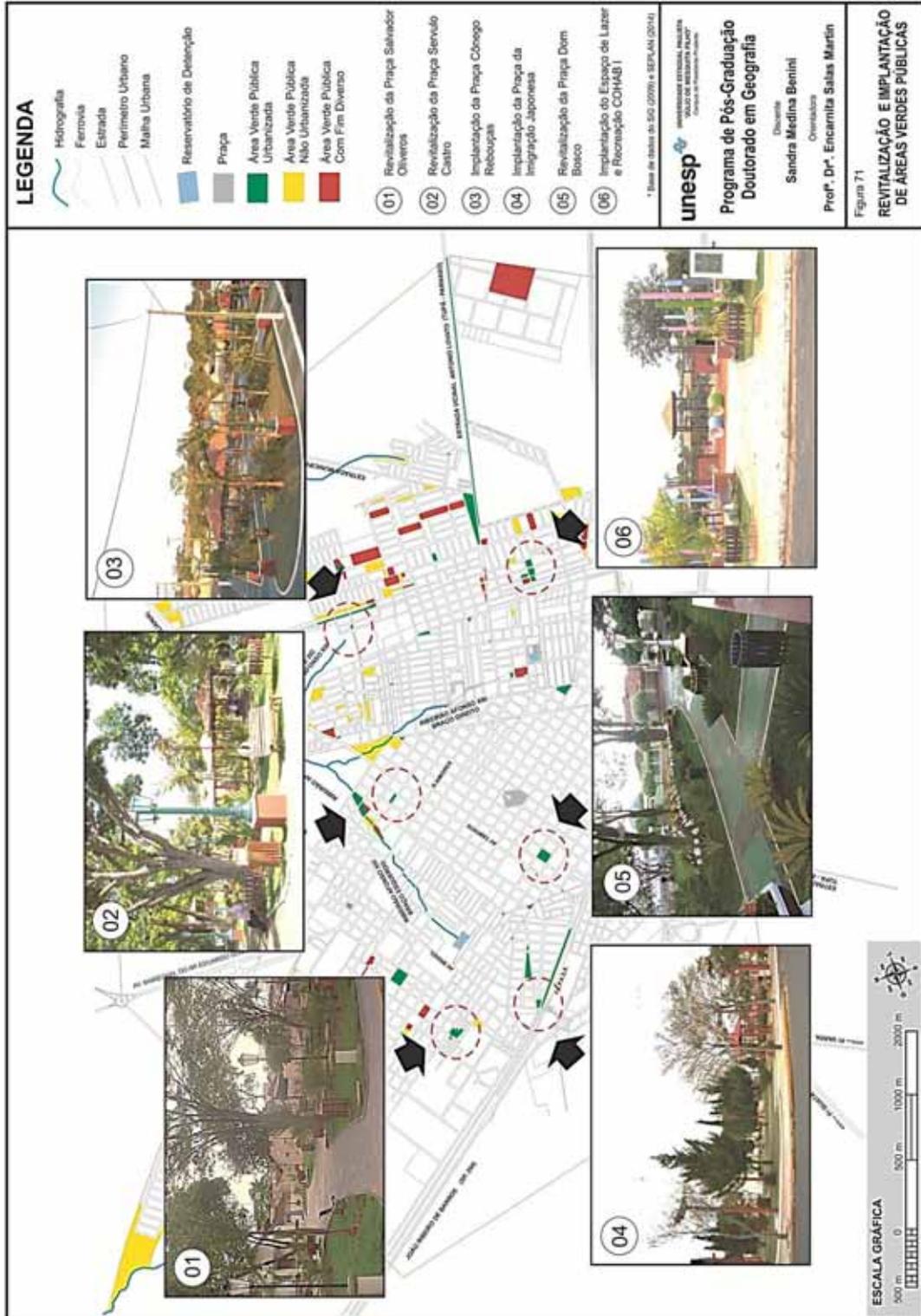
Complementando as intervenções no espaço urbano, em 2011 a SEPLIN deu início às obras do Parque Ecológico no encontro do Braço Esquerdo com o Braço Direito do Ribeirão Afonso XIII, com área de 66.598,04 metros quadrados (Figura 70).



Esse Parque Ecológico deve ser considerado mais um equipamento público importante para o equilíbrio ambiental, ao possibilitar a melhoria da qualidade de vida, pois enquanto espaço multifuncional proporciona o convívio social da população Tupãense.

No que se refere à implantação do Parque Ecológico, apesar dos benefícios ambientais que esta intervenção urbanística iria trazer à comunidade, a pesquisa constatou que suas obras foram interrompidas no início de 2013, sendo retomadas apenas no segundo semestre de 2014.

No tocante à conservação das áreas verdes públicas, prevista no Plano de Ação Continuada, a pesquisa constatou que a SEPLIN (2012) executou várias obras para revitalização das praças e jardins públicos da cidade (Figura 71), a exemplo da Praça Slavador Oliveros, Praça Servulo Castro e da Praça Dom Bosco, o que deveu-se ao comprometimento da Administração Pública (Gestão 2009-2012) na implantação de novos espaços de lazer e recreação, como a Praça da Imigração Japonesa, Praça do Cônego Rebouças, Espaço de Lazer e Recreação COHAB I, além da recomposição da mata ciliar das vertentes do Ribeirão Afonso XIII dentre outros.



As áreas verdes públicas são tipologias da infraestrutura verde que contribuem para a permeabilidade do solo devido à oferta de espaços vegetados, compostos por espécies arbóreas de pequeno, médio e grande porte, além da vegetação rasteira. Como equipamento público, as áreas verdes públicas são elementos estruturantes da paisagem urbana que ofertam lazer e recreação para a população, além de colaborar para melhoria da qualidade ambiental urbana.

Além dos parques e das áreas verdes públicas, em atendimento às recomendações do Plano de Macrodrenagem, a SEPLIN (2012) passou a utilizar os pisos permeáveis na execução das obras públicas da cidade (Figuras 72).

Figura 72 – Piso Permeável

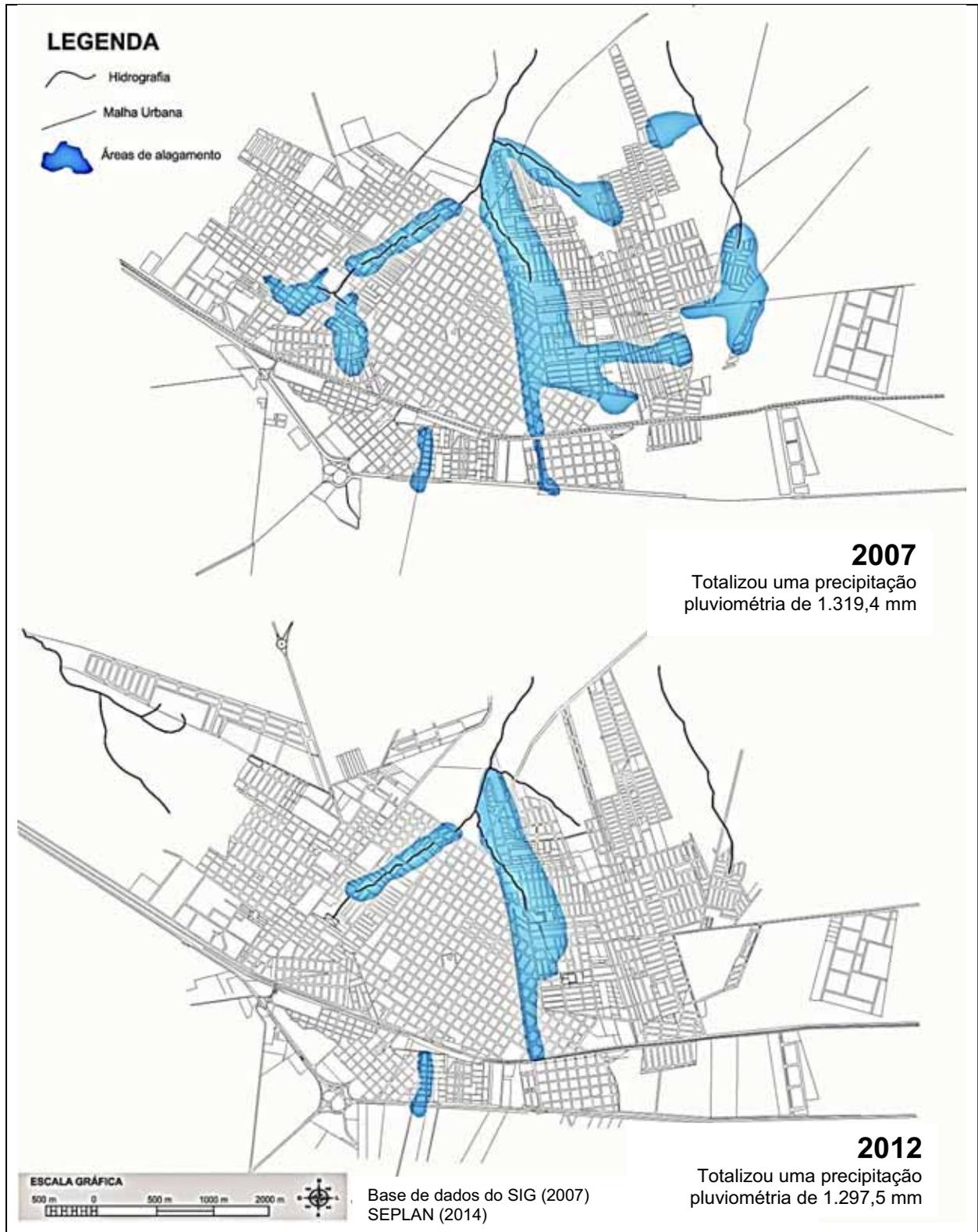


Centro Cultural da Estação Férrea de Tupã
Fonte: SEPLIN, 2012

Esse tipo de pavimento além de permitir a permeabilidade, valoriza o arranjo espacial, contribuindo esteticamente para composição paisagística do local.

Por fim, a pesquisa constatou que, devido à abrangência do Plano de Macrodrenagem (2008 a 2028), a Administração Municipal (Gestão 2009-2012) executou diversas ações previstas, as quais apresentaram resultados satisfatórios, pois além de diminuir diversos pontos de alagamentos na malha urbana em períodos de chuvas mais intensas (Figura 73), contribuíram para a melhoria das condições do espaço urbano e de modo notório, para a qualidade de vida da população.

Figura 73 – Áreas de Alagamentos na Cidade de Tupã (2007 e 2012)



Como pode ser observado na figura 73, houve uma redução significativa de ocorrências de áreas de alagamento (entre o período de 2007 a 2012). Entretanto,

deve se ressaltar que a ausência de limpeza e manutenção nas obras executadas de micro e macrodrenagem, bem como, em razão da impermeabilização e do intensivo parcelamento do solo urbano, podem vir a comprometer a eficiência do sistema de drenagem implantado. Deste modo, caberá aos demais Gestores a responsabilidade de fazer a manutenção adequada desse sistema e de dar continuidade à implantação do Plano de Macrodrenagem (Plano de Ação Imediata e o Plano de Ação Continuada).

No tocante, à infraestrutura verde verificou-se que, em razão de muitas demandas estarem localizadas nos espaços de urbanização consolidada, onde as taxas de ocupação e impermeabilização são as mais elevadas, pelas complexidades técnicas e escassez de áreas livres, como também falta de recursos financeiros para desapropriações para aquisição das áreas necessárias à implementação dessas tipologias, apenas algumas foram implantadas (Reservatório de detenção, aumento da permeabilidade através da implantação de parques, praças e jardins, bem como, pelo uso de pavimentos permeáveis).

Apesar dos problemas citados, as ações que foram executadas são relevantes, pois além de anteciparem a execução de medidas que haviam sido previstas para serem implantadas a partir de 2014 no Plano de Ação Continuada, contribuíram para minimizar vários problemas ligados à questão da drenagem urbana.

Neste sentido, é importante destacar os impactos positivos decorrentes de tais ações, tais como: aumento da infiltração de águas pluviais, arborização das vias e espaços públicos, diminuição das áreas de alagamentos e áreas de riscos, além do significativo aumento da qualidade de vida urbana ao proporcionar espaços de convivência, recreação e lazer e contribuir para a percepção da importância da gestão do sistema de drenagem urbana a partir da infraestrutura verde.

Frente ao exposto, as medidas apresentadas nesta 1ª fase deste estudo de caso, procuraram evidenciar o papel fundamental do planejamento e gestão do sistema de drenagem urbana, concebidos a partir de práticas sustentáveis representadas por uma rede de tipologias da infraestrutura verde, em que os mecanismos propostos demonstram eficácia no que se refere à diversidade de demandas específicas a essa temática, além de proporcionarem uma articulação dos elementos naturais essenciais ao equilíbrio do ecossistema urbano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa apresentou o conceito de infraestrutura verde, assim como a importância de sua aplicação e implementação como um instrumento estratégico para assegurar a qualidade ambiental nos assentamentos humanos. Neste sentido, destaca-se que suas tipologias são consideradas como elementos estruturadores da paisagem urbana, visto que permite a conjugação do sistema verde (produção de biomassa) com o sistema azul (circulação da água).

Para resgatar e contextualizar os aspectos e características da infraestrutura verde apresentou-se diversos enfoques desenvolvidos por autores que integram a literatura nacional como Galender (2005), Meneguetti (2007), Cormier e Pellegrino (2008), Franco (2010), Dobbert, Tosetti e Viana (2010), Pauleit *et al.* (2011) e Herzog (2013), como também a internacional, a exemplo de Hough (2001), (Howard (1996), Benedict e Macmahon (2002a), Walmsley (2006), Tzoulas (2007) e Madureira (2012).

A exposição realizada, estruturada por meio de tópicos elencados de forma hierarquizada, inicia-se a partir da contextualização histórica para adentrar os aspectos conceituais, princípios e aplicabilidade da infraestrutura verde, a partir da abordagem desses diversos autores, com a finalidade de possibilitar uma melhor compreensão da discussão empreendida.

Neste sentido, o conteúdo apresentado nos enfoques dos vários autores aqui discutidos, evidencia com clareza que os mesmos, são adeptos e defendem a nova visão incorporada na infraestrutura verde, ao adotarem princípios ambientais que orientam para a proposição de tipologias que integram os elementos naturais ao espaço físico urbano, por meio de metodologias adequadas ao processo de planejamento e gestão, podendo esta se constituir num referencial de qualidade ambiental para a cidade contemporânea.

Neste contexto, a fundamentação teórica procurou explicitar, que embora esse tema seja pouco divulgado no Brasil, a infraestrutura verde, é de fato um conceito novo que propõe a multifuncionalidade do espaço, que além de permitir a inserção e valorização da natureza no ambiente urbano, contribui para a resiliência nas cidades contemporâneas.

Durante a elaboração desta tese foi realizada uma reflexão sobre o modelo de cidade que está sendo reproduzida e de que forma tem ocorrido a relação da sociedade com o ambiente natural. No palco desta discussão, destacou-se que os modelos de sistema de drenagem urbana implantados ao longo de décadas e que perduram até o momento, têm causado muitos problemas e colocado em estado de alerta, várias cidade do país.

Como foi apresentado na pesquisa, essa problemática no controle das águas pluviais é subsidiada por um modelo clássico de obras de engenharia hidráulica baseado em princípios higienistas do início do século XX, numa visão segmentada do contexto urbano. Para diversos autores, como Pompêo (2000), Silveira (2002) e Tucci (2002), as propostas elaboradas renegam os sistemas naturais presentes nas cidades, utilizando-se de medidas estruturais intensivas que desviam e retificam canais, canalizam e encapam os rios urbanos.

Todavia, como foi abordado, existem outros meios, ou seja outras técnicas a serem utilizadas para controlar a dinâmica pluvial em cidades, a exemplo das medidas estruturais extensivas (retenção de encosta, captação da água de chuva, aumento das áreas verdes, adoção de pisos permeáveis, dentre outros) e das medidas não estruturais (sistema de alerta, planos de zoneamento, educação ambiental, dentre outros), que podem contribuir de modo decisivo para a construção de uma nova visão relacionada aos processos de planejamento e gestão voltados para a questão da drenagem urbana.

Desse modo, torna-se necessário, a revisão dos modelos convencionais, bem como a adoção de técnicas alternativas, pautadas por princípios ambientais que considerem a possibilidade de construção da sustentabilidade urbana.

Como alternativa e/ou complementação aos sistemas convencionais de gerenciamento de águas pluviais, foram apresentadas as tipologias da infraestrutura verde que são aplicadas na drenagem urbana, dentre as quais se destacam: Espaços Verdes Permeáveis (jardins, parques, corredores verdes, praças, dentre outros), Bacia de Sedimentação, Bacias Biorretenção (Jardins de Chuva), Biovaleta, Bioengenharia, Biótopos de Limpeza, Canteiro Pluvial, Fitodepuração, Grade Verde, Lago Seco (ou Bacia de Detenção), Lagoa pluvial (ou Bacia de Retenção ou Biorretenção), Pavimentos Porosos, Teto Verde, dentre outros.

Numa primeira análise, pode parecer que o uso da infraestrutura verde na drenagem urbana não representa nenhuma inovação tecnológica deste século, visto

que a mesma integra as práticas e técnicas já utilizadas em projetos hidráulicos em épocas passadas e que, por motivos diversos, não foram difundidos e aplicados com frequência em projetos de drenagem urbana em diversos países da América Latina, sobretudo no Brasil.

Esta pesquisa defende que as tipologias da infraestrutura verde - por adotarem mecanismos alternativos ecológicos para controle da drenagem urbana, permitindo a conjugação e integração do “sistema azul” (circulação da água) e o “sistema verde” (produção de biomassa) – devem ser consideradas com elementos urbanísticos multifuncionais que podem contribuir para qualidade ambiental no espaço urbano.

Para contextualizar a pesquisa proposta, partiu-se de um estudo de caso na cidade de Tupã, onde foram apresentados os aspectos socioeconômicos e ambientais do Município de Tupã, evidenciando os problemas urbanos (Ocupação dos fundos de vales; Subdimensionamento do sistema de drenagem pluvial urbana; Processos erosivos; Alta impermeabilização do solo urbano, dentre outros) que comprometem a drenagem das águas pluviais.

Por fim, no que se refere à infraestrutura verde verificou-se que apenas algumas tipologias foram implantadas (Reservatório de retenção, aumento da permeabilidade pela implantação de parques, praças e jardins, bem como, pelo uso de pavimento permeáveis), inclusive antecipando as ações previstas no Plano de Ação Continuada, em que estavam previstas para serem implantadas a partir de 2014. Deve-se destacar que as tipologias da infraestrutura verde que foram implantadas estão contribuindo para qualidade ambiental da cidade, pois aumentaram a área permeável e criaram novos espaços de uso múltiplo para a população tupãense.

Numa tentativa de reverter esse panorama, foram feitos Estudos de Macrodrenagem Urbana para implantação do Plano de Macrodrenagem, o qual se dividiu em duas etapas: A primeira de caráter emergencial (2008 a 2012) denominada PAI – Plano de Ação Imediata, o qual contempla somente medidas estruturais; e, A segunda com medidas de médio e longo prazo (2014 a 2027), denominada de PAC – Plano de Ação Continuada, o qual contempla medidas estruturais, Estruturais Extensivas / Compensatórias e as não estruturais.

A pesquisa constatou que a implantação do Plano de Macrodrenagem gerou efeitos institucionais na elaboração do Plano Diretor, como a implantação dos

instrumentos urbanísticos como: Outorga do Direito de Construir, Direito de Preempção, Zoneamento Ambiental, Taxa de Permeabilidade, dentre outros.

Diante do exposto, considerando o universo da pesquisa apresentada, conclui-se que a hipótese proposta foi confirmada, permitindo assim a defesa da seguinte tese: **Infraestrutura verde deve ser considerada como concepção sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana.**

Desta forma, esta pesquisa recomenda a utilização das tipologias da infraestrutura verde como elemento urbanístico multifuncional para estruturação da paisagem, contribuindo assim para o gerenciamento das águas pluviais, bem como, para lazer, recreação e para qualidade ambiental do espaço urbano.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

LIVROS (NO TODO)

- ACSELRAD, Henri. Sentidos da sustentabilidade urbana. In: ACSELRAD, Henri (Org.). **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas**. Rio de Janeiro: DP&A, 2001. p. 27-55.
- AMMANN, Safira Bezerra. **Movimentos populares de bairro: de frente para o Estado, em busca do parlamento**. São Paulo: Cortez, 1991.
- BARBIRATO, Gianna Melo; SOUZA, Léa Cristina Lucas de; TORRES, Simone Carnaúba. **Clima e Cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007, 164 p.
- BASTOS, Celso Ribeiro. **Curso de Direito Constitucional**. 21. ed. São Paulo: Saraiva, 2000, p. 463.
- BATLLE, Enric. ***El jardín de la metropolis: Del paisaje romántico al espacio libre para una ciudad sostenible***. Ed. Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2011.
- BENEDICT, Mark A.; MCMAHON, Edward T. ***Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Paperback***, 2006, 300p.
- BOFF, Leonardo. **Saber cuidar: ética do humano – compaixão pela terra**. 6. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 1999.
- BRAGA, Roberto. CARVALHO, Pompeu Figueiredo. (org). **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan, Unesp, IGCE, 2003.
- CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Texto, 2005.
- CARLOS, Ana Fani Alessandri. **A (re)produção do espaço urbano**. São Paulo: Edusp, 2008.
- _____. **Trajetórias geográficas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- _____. **A cidade**. 6. ed. São Paulo: Contexto, 2001.
- _____. **Espaço e indústria**. 7. ed. São Paulo: Contexto, 1997.
- CASTELLO, Lineu. **A Percepção em Análises Ambientais. Percepção Ambiental – A Experiência Brasileira**, São Carlos, Editora da UFSCAR, 1996.

CASTELLS, Manuel. **A questão urbana**. 3 ed. Trad. Arlene Caetano. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983 (Coleção Pensamento Crítico, v.48).

CHOAY, Françoise. **O urbanismo**. 5ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

CHRISFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1980.

_____. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

COMPAÑÍA DE PARQUES NACIONALES DE PUERTO RICO. **Infraestructura Verde y Nuestros Parques**. Puerto Rico: Doris J. Morales Rodríguez, 2005.

CORRÊA, Roberto Lobato. **O espaço urbano**. Série Princípios. São Paulo: Editora Ática, 1995.

_____. **Trajectoria Geográfica**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

DAHL, Robert A. In. PACIORNIK, Mauro (trad.). **Poliarquia: participação e oposição**. São Paulo: Edusp, 1997.

DURLO, Miguel Antão; SUTILI, Fabrício Jaques. **Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de Água**. Santa Maria: Ed. Do autor, 2012, 189 p.

DUPAS, Gilberto. **Economia global e exclusão social: pobreza, emprego estado e o futuro do capitalismo**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

EMERSON, Ralph Waldo. **Select essays**. Harmondsworth: Pequin Books, 1985.

FALCÓN, Antoni. **Espacios verdes para una ciudad sostenible – Planificación, proyecto, mantenimiento y gestión**. Ed. Gustavo Gili: Barcelona, 2007.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. 10 ed.. São Paulo: Saraiva, 2009.

FOLCH, Ramón. **El territorio como sistema. Conceptos y herramientas de ordenación**. Barcelona, Diputación Barcelona, 2003.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Desenho Ambiental: Uma introdução à arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico**. São Paulo: Annablume, 1997, 224 p.

_____. **Planejamento Ambiental para a cidade sustentável**. 2. ed. São Paulo: Annablume: FAPESP, 2001, p. 35-36.

FROEHLICH, Jesse; HURTADO, Pamela; PEARSOLL, Seth. **Infraestructura Verde: Una visión estratégica de planificación basada en los recursos naturales para la creación de valor económico, social y ambiental**. Cauquenes, Chile: Conway School of Landscape Design, 2008.

GEORGE, P. **Geografia urbana**. Trad. Grupo de Estudos Franceses de Interpretação e Tradução. São Paulo: Difel, 1983.

GOUVÊA, Luiz Alberto. **Biocidade**: conceitos e critérios para um desenho ambiental urbano, em localidades de clima tropical de planalto. São Paulo: Nobel, 2002.

GRECO, Marco Aurélio. **O Solo Criado e a Questão Fundiária**. Direito do Urbanismo: uma visão sócio-jurídica / Coordenação de Álvaro Pessoa. Rio de Janeiro: IBAM – Instituto de Administração Municipal, 1981

GRIPPI, Sidney. **Lixo, reciclagem e sua história**: Guia para as prefeituras brasileiras. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

HENRIQUE, Wendel. **O direito à natureza na cidade**. Salvador: EDUFBA, 2009.

HERZOG, Cecília Polacow. **Cidades para Todos**: (re) aprendendo a conviver com a natureza. 1. Ed. Rio de Janeiro: Mauad X: Inverde, 2013, 312 p.

HOWARD, Ebenezer. **Cidades-Jardins de Amanhã**. Tradução: Marco Aurélio Lagonego, Introdução: Dácio Araújo Benedito Otoni. São Paulo, Estudos Urbanos, Série Arte e Vida Urbana, Hucitec, 1996,

IGBP. **Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle**. The International Geosphere-Biosphere Programme: A Study of Global Change, Report n.27. Estocolmo, 1993, 103p.

JACOBI, Pedro (Coord.). **Inovação no campo da gestão pública local**. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

KOBIYAMA, Masato *et al.*. **Prevenção de desastres naturais**: conceitos básicos. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006, 109 p.

KRUEDENER, A. **Ingenieurbiologie**. München-Basel: Ernst Reinhardt Verlag. 1951. 172 p.

LAMAS, José M. Ressano Garcia. **Morfologia Urbana e Desenho da Cidade**. Lisboa: Fund. Calouste Gulbenkian/Fundação para Ciência e Tecnologia, 2010.

LEFEBVRE, Henri. **O Direito à Cidade**. São Paulo: Moraes, 1991.

LEFF, Enrique. **Epistemologia ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Cortez, 2002.

_____. **Aventuras da epistemologia ambiental**: da articulação das ciências ao diálogo de saberes. Tradução de Glória Maria Vargas. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

LEITE, Carlos; AWAD, Juliana di Cesare Merques. **Cidades Sustentáveis Cidades Inteligentes**: Desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012, 264 p.

MACEDO, Silvio Soares; SAKATA, Francine Gramacho. **Parques Urbanos no Brasil**. São Paulo: Edusp, Imprensa Oficial do Estado, 2002. 208 p.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**. 20 ed. São Paulo: Malheiros, 2012.

- MARCELINO, Emerson Vieira. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Santa Maria:INPE/CRS, 2008.
- MARCONDES, Maria José de Azevedo. **Cidade e Natureza: Proteção dos mananciais e exclusão social**. São Paulo, Studio Nobel: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, 1999.
- MARX, Murillo. **Cidade Brasileira**. São Paulo: Melhoramentos: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980. 152 p.
- MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito Municipal Brasileiro**. 20. ed. São Paulo: Malheiros, 1993.
- MELLO, Celso Antônio Bandeira de. **Conteúdo jurídico do princípio da igualdade**. 3ª ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2000.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- MILARÉ, E. **Direito do ambiente: doutrina, jurisprudência, glossário**. 4. ed. ver., atual. e ampl. São Paulo. Editora Revista dos Tribunais, 2005.
- MINGUET, Josep Maria. **Urban Eco Parks**. Sant Adrià de Besòs: Instituto Monsa de Ediciones, 2010.
- MONTEIRO; José Henrique Penido et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.
- MONTES, Arlindo Vizelli *et al.* **Tupã: Depoimento de uma cidade**. Ed. Multi-Grafica:Tupã, 2004.
- MOTA, Suetônio. **Preservação e conservação do recurso hídrico**. 2. ed. rev. E atualizada. Rio de Janeiro: ABES, 1995.
- _____. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.
- _____. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- MUKAI, Toshio. **O Estatuto da Cidade**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.
- NEIRA ALVA, Eduardo. **Desenvolvimento Sustentável e Metabolismo Urbano: Metrôpoles (In) Sustentáveis**. Tradução de Marta Rosas. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- OTTONI, Dácio. **Cidades Jardins: a busca do equilíbrio social e ambiental, 1898-1998**. São Paulo, Fundação Bial de São Paulo / FAUUSP, 1997;
- PATERMAN, Carole. In. ROUANET, Luiz Paulo (trad.). **Participação e teoria democrática**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.
- PELOGGIA, A. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Xamã, 1998.

- PESCI, Rubén. **La ciudad de la urbanidad**, Buenos Aires, Fundación CEPA, 1999.
- PHILIPPI JR, Arlindo (et al.). **Município e Meio Ambiente: perspectivas para municipalização da gestão ambiental no Brasil**. São Paulo: ANAMA, 1999.
- PINTO, Vitor Carvalho. Regime Jurídico do Plano Diretor. In: **Temas de direito urbanístico 3**. Ministério público do Estado de São Paulo. São Paulo: Imprensa Oficial, 2001. p. 417.
- REBOUÇAS, Aldo da C., BRAGA, Benedito, TUNDISI, José Galizia. (orgs). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002.
- REZENDE, F. C. **Por que falham as reformas administrativas?** Rio de Janeiro: FGV, 2004.
- PIRES, Luis Manuel Fonseca. **Loteamentos Urbanos: natureza jurídica**. São Paulo: Quartier Latin, 2006.
- PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo. **São Paulo: Crise e Mudança**. São Paulo: Brasiliense, 1990.
- RIBEIRO, L. C. Q. **Dos cortiços aos condomínios fechados: as formas de produção da moradia na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro.: Civilização Brasileira: IPPUR, UFRJ: FASE, 1997.
- ROGERS, Richard. **Cidades para Um Pequeno Planeta**. Tradução de Anita Regina Di Marco, 4ª Edição. Barcelona : Editorial Gustavo Gili, 2001.
- ROLNIK, Raquel. (Coord.). **Estatuto da Cidade: Guia para implementação pelos municípios e cidadãos**. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicação , 2001, p. 48.
- ROLNIK, Raquel. SAULE JR., Nelson. (orgs). **Estatuto da Cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos**. Brasília: Polis, Caixa Econômica Federal; Câmara dos Deputados /Coordenação de Publicações, 2002.
- ROSS, Jurandir Luciando Sanches. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- SANTOS, C. N. F. **O uso do solo e o município**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ibm, 1989.
- SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: técnica, tempo, razão e emoção**. 4. ed. 2. reimpr - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.
- _____. **Por Uma Geografia Nova: da crítica da Geografia a um a Geografia crítica**. São Paulo: EDUSP, 6ª ed., 2004.
- _____. **Metamorfoses do espaço habitado**. Hucitec: São Paulo: 1988.
- SANTOS, R. C. B. **Rochdale e Alphaville: formas diferenciadas de apropriação e ocupação da terra na metrópole paulistana**. São Paulo – SP: FFLCH – USP, 1994.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de textos, 2004.

SAULE JÚNIOR, Nelson. **Novas perspectivas do Direito Urbanístico brasileiro. Ordenamento constitucional da Política Urbana.** Aplicação e eficácia do Plano Diretor, Sergio Antônio Fabris Editor, Porto Alegre, 1997.

SCHUTZER, José Guilherme. **Cidade e Meio Ambiente: A apropriação do relevo no desenho ambiental urbano.** São Paulo: Editora da USP, 2012, 328 p.

SÉGUIN, Elida. **Estatuto da Cidade: promessa de inclusão social, justiça social.** Rio de Janeiro: Forense, 2002.

SETTI, Arnaldo Augusto. et al. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos.** 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. 2000.

SILVA, Alexandre Marcos; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa. **Erosões e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** São Carlos: Rima, 2003.

SILVA, José Afonso. **Direito Urbanístico Brasileiro.** 3. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2008.

_____. **Curso de Direito Constitucional Positivo.** 20. ed. São Paulo: Malheiros, 2002, p. 624

SILVA. Antônio Soares da. Solos Urbanos. In. GUERRA. Antônio José Teixeira (org.) **Geomorfologia Urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, pp. 43-69.

SINGER, Paul. O uso do solo urbano na Economia Capitalista. In: MARICATO, E. (ORG) **A produção capitalista da casa (e da cidade) no Brasil Industrial.** São Paulo: Ed. AlfaÔmega, 1979.

SINGER, Paul. **Economia política da urbanização.** Ed. rev. 14. São Paulo: Contexto, 1998.

SOUZA, Marcelo José L. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

SOUZA, Marcelo Lopes. **ABC do desenvolvimento urbano.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. **Capitalismo e Urbanização.** 14. ed. São Paulo: Contexto, 2004, 80 p.

TAYLOR, Nigel. **Urban planning theory since 1945.** London: Sage, 1998.

TEIXEIRA, Orci Paulino Bretanha. **O Direito ao Meio Ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental.** Porto Alegre: Livraria do Advogado Ed., 2006.

TROPPEMAIR, H. **Atlas da qualidade ambiental e de vida de Rio Claro-SP**. Rio Claro: UNESP, 1992.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

_____; SILVEIRA, André. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. IPH/UFRGS, 2001. Disponível em: < <http://galileu.iph.ufrgs.br/joel/iph014/Gerdre.pdf> > Acesso em 10 fev. 2013.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. *et al.* (org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. de UFRGS, ABRH, Ed da USP, 1993.

URBONAS, B.; STAHERE, P.. **Stormwater Best Management Practices and Detetion**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.

VIANNA, José Ricardo Alvarez. **Responsabilidade Civil por Dano ao Meio Ambiente**. Curitiba: Juruá, 2004, p. 22.

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intra-urbano no Brasil**. 2ª ed. São Paulo: Studio Nobel/FAPESP/ Lincoln Institute, 2001.

WILHEIM, J. **O substantivo e o adjetivo**. São Paulo: Perspectiva, 1976.

YEANG, Ken. **Projectar com la naturaleza**. Bcelona, Rubí, 1999.

ZIELINSKI, J. **Watershed Vulnerability Analysis**. *Ellicott City: Center for Watersherd Protection, 2002*. Disponível em: < www.cwp.org/Vulnerability_Analysis.pdf >. Acesso em 20 jun. 2011.

LIVROS (PARTES)

ALFONSIN, B. FERNANDES, E. Para além da Regularização Fundiária: Porto Alegre e o Urbanizador Social.. In: **Direito à moradia e Segurança da Posse no Estatuto da Cidade**. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2004.

BASTOS, Anna Christina Saramago; FREITAS, Antonio Carlos de. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (orgs.). **Avaliação e perícia ambiental**. São Paulo: Bertrand Brasil, 2000.

BOTELHO. Rosângela Garrido Machado. Solos Urbanos. In: GUERRA. Antônio José Teixeira (org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, pp. 71-115.

BRAGA, Roberto. Planejamento urbano e recursos hídricos. In BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu Figueiredo de (Orgs.). **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro, Laboratório de Planejamento Municipal/IGCE/Unesp, 2003:113-127.

BRANDÃO, Ana Maria de Paiva Macedo. Clima Urbano e Enchentes na Cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (org). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**, 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

CAMARGO, Antonio F. M.; PEREIRA, Alexandre de M. M. Qualidade da água em áreas urbanas. In: BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu Figueiredo de Carvalho (Org.). **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP – IGCE, 2003. p. 49 – 63.

CARVALHO, Pompeu Figueiredo de Carvalho. Águas nas cidades: reflexões sobre usos e abusos para aprender novos usos. In: BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu Figueiredo de Carvalho (Org.). **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP – IGCE, 2003. p. 9 – 36.

COELHO, Maria Célia Nunes. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias, Conceitos e Métodos de Pesquisa. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (org). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**, 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

CORRÊA, R. e ROSENDAHL, Zeny. Apresentando leituras sobre paisagem, tempo e cultura. In: CORREA, Roberto Lobato e ROSENDAHL, Zeny. **Paisagem, Tempo e Cultura**. Rio de Janeiro: Uerj. 1998.

CRUZ, M.; TUCCI, C.; TURCKNICK, B. Análise da influência dos instrumentos reguladores de ocupação no escoamento urbano. In: TUCCI, C. E. M., MARQUES, D. da M. (orgs) **Avaliação e controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS. V. 2. P. 487-498.

ELLIS, J. B.. integrated approach for achieving sustainable development of urban storm drainage. **Water Science and Technology**. v. 32, n. 2, p. 16, 1995.

FERNANDES, Edésio. Impacto socioambiental em áreas urbanas sob a perspectiva jurídica. In: MENDONÇA, Francisco. **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: UFPR, 2004.

FERREIRA, Renata Cristina; FRANCISCO, José. A legislação ambiental e urbanística no trato das fronteiras d'água. In: BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu Figueiredo de Carvalho (Org.). **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP – IGCE, 2003. p. 87 – 105.

FERREIRA; Ângela Maria Rodrigues. Turismo e Sustentabilidade. In. MARTINS, José Clerton de Oliveira (org.). **Turismo, cultura identidade**, São Paulo: Roca, 2003.

GOMES, R. R. Segregação: expressão espacial da desigualdade social. In: CAVALCANTI, L. S. [et. al.] (org.) **Temas geográficos**. Goiânia: UFG/IESA, 2008.

GONÇALVES, Luiz Fernando Hansen; GUERRA Antônio José Teixeira.. Movimentos de Massa na Cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (org). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**, 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA. Antônio José Teixeira. Encostas Urbanas. In. GUERRA. Antônio José Teixeira (org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, pp. 13-42.

HOUGH, M.. *Looking Beneath the Surface: Teaching a Landscape Ethic*. In: B. Johnson e K. Hill (Eds.), **Ecology and Design. Frameworks for Learning**, Washington: Island Press. 2001, pp. 245-267.

JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. L. A.; FRANCO, M. S. M. Geomorfologia. In: **Levantamento de Recursos Naturais**, v.33, f. SH 22, Porto Alegre e parte das f. SH 21 Uruguaiana e SI 22, Rio de Janeiro: SEPLAN e IBGE, 1986. p.313-404.

LYNCH, Barbara Deutsch. Instituições internacionais para a proteção ambiental: suas implicações para a justiça ambiental em cidades latino-americanas. In: ACSELRAD, Henri (Org.). **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas**. Rio de Janeiro: DP&A, 2001. p. 57-82.

MACEDO, Ricardo Kohn de. A importância da avaliação ambiental. In. TAUKE, Sônia Maria (org). **Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2. ed. rev. e amp. São Paulo: EDUSP, 1995, p. 13 – 31

MEIRELLES, Hely Lopes. **Estudos e Pareceres de Direito Público – Volume IX**. São Paulo: Editora RT, 1986.

MILARÉ, Edis. A Ação Civil Pública em Defesa do Ambiente. In: **Ação Civil Pública**. Lei 7.347/85 – Reminiscências e Reflexões após dez anos de aplicação. São Paulo: Revista dos tribunais, 1995. p. 193-267.

KAUL, P. F. T. Geologia. In: **Geografia do Brasil - Região Sul**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, v.2, 1990, p. 29-54.

NOGUEIRA, Ana Carolina Casagrande. O conteúdo jurídico do princípio da precaução no direito ambiental brasileiro. In: FERREIRA, Helene Sivini; LEITE, José Rubens Morato (orgs). **Estado de direito ambiental: tendências: aspectos constitucionais e diagnósticos**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004. p 199.

OLIVEIRA, Francisco. Os protagonistas do drama: Estado e sociedade no Brasil. In. LARANJEIRA, Sônia (org). **Classes e Movimentos sociais na América Latina**. São Paulo: HUCITEC, 1990.

OLIVEIRA; Marcelo Accioly Teixeira de; HERRMANN Maria Lúcia de Paula. Ocupação do Solo e Riscos Ambientais na Área Conurbada de Florianópolis. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (org). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**, 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

PAULEIT, Stephan et al.. Multifunctional green infrastructure planning to promote ecological services in the city. In: MIEMALÄ, Jari. (org.) **Urban ecology: patterns, processes and applications**. Oxford: Oxford Press University, 2011, p. 272-285.

PITTON, Sandra Elisa Contri. A água e a cidade. In: BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu Figueiredo de Carvalho (Org.). **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP – IGCE, 2003. p. 37 – 47.

RIBEIRO, Helena; VARGAS, Heliana Comin. Qualidade Ambiental Urbana: Ensaio de uma definição. In: _____ (Org.). **Novos Instrumentos de Gestão Ambiental Urbana**. São Paulo: Edusp, 2004.

RODRIGUES, A. M. O meio ambiente urbano: algumas proposições metodológicas sobre a problemática ambiental. In: SILVA, Borzacchiello; COSTA, M. C. Lustosa; DANTAS, Eustógio W. C. (orgs.). **A cidade e a urbano: temas para debates**. Fortaleza: EUFC, 1997.

ROLNIK, Raquel. Planejamento Urbano nos Anos 90: Novas Perspectivas para Velhos Temas. RIBIERO; QUEIROZ, Luiz César; SANTOS JUNIOR, Orlando Alves (Orgs.). **Globalização, Fragmentação e Reforma Urbana**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira: 1997, p. 351-360.

SWYNGEDOUW, Erik. A cidade como um híbrido: natureza, sociedade e “urbanização-cyborg”. In: ACSELRAD, Henri (Org.). **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas**. Rio de Janeiro: DP&A, 2001. p. 83-104.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Água no Meio Urbano. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galzia (org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2 ed. São Paulo: Escrituras Editoras, 2002, pp. 473-506.

VIEIRA, Viviane Torre; CUNHA Sandra Baptista da. Mudanças na Rede de Drenagem Urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (org). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**, 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

WALDMAN, Maurício. Natureza e sociedade como espaço de cidadania. In: PINSKY, J. PINSKY, C.B. (Org.). **História da cidadania**. São Paulo:Contexto, 2003, p. 557.

LIVRE-DOCÊNCIAS, TESES, DISSERTAÇÕES E MONOGRAFIAS

BENINI, Sandra Medina. **Áreas Verdes Públicas: A construção do conceito e a análise geográfica desses espaços no ambiente urbano**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. 283 f., 2009.

BIRKHOLZ, L. B. **Planos diretores municipais no estado de São Paulo e sua implementação.** Tese (Livre Docência/FAU). São Paulo: FAU, 1968.

BOIN, Marcos Norberto. **Chuvas e erosões no oeste paulista:** Uma análise climatológica aplicada. Tese (Doutorado) Curso de Pós- Graduação em Geociências - Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente, Rio Claro. 269p., 2.000.

COSTA, Maria Helena Couto Costa. **Urbanismo sustentável em Áreas de Proteção Ambiental.** O caso da drenagem urbana no Setor de Mansões Park Way, em Brasília – DF, 2008. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 2008.

FAGUNDES, L.. **Elaboração de índice ambiental urbano através da análise de densidade populacional e superfície impermeável em bacias hidrográfica.** 2002. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional). Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional – POPUR, Universidade Federal do Rio Grande do SUL – UFRGS, Porto Alegre.

FIGUEIREDO, V. D. M. **População e qualidade de vida urbana em Santa Maria-RS – Estudo de Caso: Bairro Urlândia.** (Tese de mestrado), p. 213. Rio Claro: UNESP, 2001. GEORGE, P. Geografia Urbana. São Paulo: DIFEL, 1983.

KANDIR, A. **A instabilidade do mercado habitacional.** IE: UNICAMP, 1983. Dissertação de mestrado.

LEAL, Antônio Cezar. **Meio Ambiente e Urbanização na microbacia de Areia Branca – Campinas – São Paulo.** Rio Claro, 1995. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente).

MACHADO, P. J. O. **Uma proposta de zoneamento ambiental para a bacia hidrográfica da represa de São Pedro Juiz de Fora – MG.** Presidente Prudente, 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia na Unesp de Presidente Prudente)

MAGALHÃES, Sérgio Ferraz. **Ruptura e contigüidade:** a cidade na incerteza. 2005. Tese (Doutorado em Urbanismo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005, 258 p.

MARISCO, L. M. O. **A norma e o fato:** abordagem analítica da segregação socioespacial e exclusão social a partir dos instrumentos urbanísticos. 224f. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2003.

MENEGUETTI, Karin Schwabe. **De cidade Jardim a cidade sustentável:** potencialidades para uma estrutura ecológica urbana em Maringá-PR. Tese (doutorado) – FAUUSP: São Paulo, 2007.

PIRES, Cláudia Luísa Zeferino. **A Cidade Jardim e seus Espelhos:** Paisagens e suas Geografias. 2010. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS - BR, 2010.

RIBEIRO, Maria Eliana Jubé. **Infraestrutura verde, uma estratégia de conexão entre pessoas e lugares**: por um planejamento urbano ecológico para Goiânia. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2010.

ROSIN, Jeane Aparecida Rombi de Godoy. **Regularização Fundiária Sustentável: Desafios de uma Política Estatal em APPs Urbanas**. Dissertação (Mestrado em Direito) – Centro Universitário Eurípides de Marília – Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Marília, SP, 2011.

ROSSET, F.. **Procedimentos metodológicos para estimativa do índice de áreas verdes públicas**. Estudo de caso: Erichim, RS. 2005. 60 p. (Dissertação de Mestrado) Universidade de São Carlos, São Carlos, 2005.

REVISTAS / PERIÓDICOS

ABREU, Maria Marcial. Movimentos populares e classes subalternas – indicação teórica. In. **Revista de Política Pública**. São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 1995, v. 1, n.1, jun/dez, p. 127 – 139.

ACSELRAD, Henri. Discursos da Sustentabilidade Urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Campinas: nº 01, maio/ 1999.

ARNOLD Jr., C. L.; GIBBONS, C. J.. Impervious surface coverage: the emergency of a key environmental indicator. **Journal of American Planning Association**, Chicago, v. 62, n. 2, p. 243-258, spring 1996.

BENEDICT, Mark A.; MCMAHON, Edward T. *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*. **Renewable Resources Journal**, Volume 20, Number3, Autumn 2002a, Pages12 –17.

BENINI, Sandra Medina; MARTINS, Encarnita Salas. Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de Caso da Estância Turística de Tupã/SP. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 4, 2012, p. 43-63.

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Revista Ra'E Ga**, n.8 Ed. UFPR, Curitiba, 2.004, pp. 141-152.

BERTRAND, Georges. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique. **Rev. Géograph. Pyrénées et du Sud-Ouest**, 39 (3) :249-272, Toulouse, 1968.

BRAGA, Roberto. Qualidade de vida urbana e cidadania. **Território & Cidadania**. Rio Claro, SP, ano II, nº 2, jun-dez, 2002. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/territorioecidadania/Artigos/Braga%203.htm>> 09 jan. 2009.

CALLAI, H. C. A Cidade e a (re) criação da relação homem-natureza. **Revista Ciência & Ambiente**, 1993, p. 43-53.

CHERNICGARO; C. A. de L., COSTA; A. M. L. M. da C. Drenagem pluvial. In: **Saneamento (Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os municípios)**. BARROS, Raphael T. de V. et alii. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG.vol.2. 1995. 221 p

CORMIER, Nathaniel S.; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Rev. Paisagem e Ambiente**, São Paulo, n.25, pp. 125-142, 2008.

CORNER, James. *Espansioni urbane orizzontali e densità nel paesaggio emergente/Horizontalità: Spreads and Densities in the Emergent Landscape*, in , Lotus, 117, 2003, 116-123.

CYMBALISTA, Renato. Regulação urbanística e morfologia urbana. In: **Revista POLIS**. São Paulo, 1999. n. 32. p.75-91.

DOBBERT, Léa Yamaguchi; TOSETTI, Larissa Leite; VIANA, Sabrina Mieko. Redutos Rurais: Estratégia de Resiliência e Infraestrutura Verde Urbana. Estudo de Caso em Valinhos, SP – Brasil. **Rev. LABVERDE**, São Paulo, v.2, n.2, p. 30-44, 2010.

FERREIRA, José Carlos; MACHADO, João Reis. Infra-Estruturas Verdes para um Futuro Urbano Sustentável. O Contributo da Estrutura Ecológica e dos Corredores Verdes. **Rev. LABVERDE**, São Paulo, v.1, n.1, p. 68-90, 2010.

FRANCISCO, José. Da Paisagem Natural à Paisagem Transformada: o conceito da desconstrução para uma interpretação da produção do espaço. **Revista Vivência**, n. 33, 2008, p. 169-186. Disponível em < http://www.cchla.ufrn.br/Vivencia/sumarios/33/PDF%20para%20INTERNET_33/13_Jos%C3%A9%20Francisco.pdf > Acesso em 16 jun. 2013.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. Infraestrutura Verde em São Paulo - O Caso do Corredor Verde Ibirapuera-Villa Lobos. **Rev. LABVERDE**, São Paulo, v.1, n.1, p. 134-155, 2010.

GALENDER, Fany Cutcher. A Idéia de sistema de espaços livres públicos na ação de paisagistas pioneiros na América Latina. In: **Paisagens em Debate** - Revista eletrônica da área Paisagem e Ambiente, FAU. USP - n. 03, nov. 2005.

GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Caracterização do uso do solo urbano e impactos hidrológicos e urbanísticos de lotes verticalizados em Ribeirão Preto – SP. In: **Anais...** 1º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrdo e Sustentável. São Carlos, 28 a 30 set. 2005.

GELUDA, L.; YOUNG, C. E. F.. Pagamentos por Serviços Ecosistêmicos Previstos na Lei do SNUC – Teoria, Potencialidades E Relevância. In: **Anais..** III Simpósio de Áreas Protegidas, 2005, pp. 572-579. Disponível em: < http://www.ie.ufrj.br/images/gema/Gema_Artigos/2005/GeludaYoung_2005_psesnuc.pdf >. Acesso em 10 nov. 2013.

GUIMARÃES, Solange T. de Lima. Nas Trilhas da Qualidade: algumas idéias, visões e conceitos sobre qualidade ambiental e de vida..., **Revista GEOSUL**, UFSC,

Florianópolis, n.40, p. 7-26, jul./dez. 2005, Disponível em: <http://www.cultiva.org.br/pdf/qualidade_ambiental_e_da_vida.pdf> Acesso em: 15 jan. 2009.

HERZOG, Cecília Polacow. Corredores verdes: expansão urbana sustentável através da articulação entre espaços livres, conservação ambiental e aspectos históricos culturais. In: Terra, Carlos G. e Andrade Rubens de. **Coleção Paisagens-Culturais – Materialização da Paisagem através das Manifestações Sócio-Culturais**. UFRJ-EBA, 2008. Disponível em: <http://inverde.files.wordpress.com/2010/08/herzog_cecilia_corredores_verdes.pdf/> Acesso em 26 ago. 2012.

_____. Infraestrutura Verde e Resiliência no Paisagismo. **Rev. LABVERDE**, São Paulo, v.1, n.1, p. 157-161, 2010a.

_____. INFRA-ESTRUTURA VERDE PARA CIDADES MAIS SUSTENTÁVEIS. Produtos e sistemas relativos a infra-estrutura. In. **Cadernos Virtuais de Construção Sustentável. Secretaria do Ambiente (SEA) do Estado do Rio de Janeiro**, 2010b. Disponível em: <<http://inverde.wordpress.com/artigos-etes/>> Acesso em 26 ago. 2012.

HERZOG, Cecília Polacow ROSA, Lourdes Zunino. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e Resiliência para a Paisagem Urbana. **Rev. LABVERDE**, São Paulo, v.1, n.1, p. 91-115, 2010.

JACOBI, Pedro. Poder Local, Políticas Sociais e Sustentabilidade. **Revista Saúde e Sociedade**, 8(1), p. 31-48, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v8n1/04> . Acesso em 26 ago. 2014.

JESUS, Silva Cristina de; BRAGA, Roberto. Análise espacial das áreas verdes urbanas da estância de águas de São Pedro – SP. **Caminhos da Geografia**. V. 16, ano 6, p. 206 – 224, out. 2005, ISSN: 1678-6343. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/volume16/artigo19_vol16.pdf> Acesso em: 09 jan. 2009.

LIMA, Samuel do Carmo. Relação sociedade & natureza. In: **Sociedade e Natureza**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Departamento de Geografia/EDUFU, 1989, v.1, n. 2.

LIRA, Ricardo Pereira. O uso do solo e o seu controle, Alguns Aspectos de Lei Federal nº 775/83, **Revista de Direito Administrativo**, Rio de Janeiro, vol. 154,out/dez, 1983.

MADUREIRA, Helena. Infra-estrutura verde na paisagem urbana contemporânea: o desafio da conectividade e a oportunidade da multifuncionalidade. **Revista da Faculdade de Letras – Geografia – Universidade do Porto**. III série, vol. I, 2012, pp. 33 - 43.

MADUREIRA, Helena, Cormier, L. (2013). Multifuncionalidade, conectividade e políticas de conservação da natureza: escalas e desajustes. In J. R. Fernandes, L. Cunha, P. Chamusca (Eds.) **Geografia & Política, Políticas e Planejamento / Geography & Politics, Policies and Planning**, 4 a 6 de março de 2013, Porto, pp. 643–654

MAGALHÃES JR., Antonio. Variáveis e desafios do processo decisório no contexto dos comitês de Bacias hidrográficas no Brasil. In. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, SP: UNICAMP, Ano IV, n. 8, 1. semestre de 2001, p. 21-48.

MARQUES, Eduardo Cesar. Estado e espaço urbano: revisitando criticamente as explicações sobre a política urbana. In. **Revista de sociologia e política**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, n. 16, jun. 2001, p. 9-29.

MUÑOZ, M. A. D. El análisis de la vulnerabilidad en la cartografía de riesgos tecnológicos. Algunas cuestiones conceptuales y metodológicas. **Série Geográfica**, Madrid, n. 10, p. 27-41, 2002.

PAULEIT, Stephan, DUHME, F.. *Assessing the environment performance of land cover types for urban planning*. **Landscape and Urban Planning**, v. 52, issue 1, p. 1-20, 5 nov. 2000.

PAULEIT, Stephan; ENNOS R.; GOLDING, Y.. *Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change – a study in Merseyside, UK*. **Landscape and Urban Planning**, v, 71, issue 2-4, p. 295-310, 28 mar. 2005.

POMPÊO, C. A. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídrica**. Porto Alegre, RS. v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

RODRIGUES, Alberto Tosi. Democracia e mobilização social: participação autonomia e instituições políticas na transição brasileira. In. **Revista de sociologia e política**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, n. 12, jun. 1999, p. 99-119.

SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira da; TOSETTI, Larissa Leite. Valoração das Árvores no Parque do Ibirapuera – SP: Importância da Infraestrutura Verde Urbana. **Rev. LABVERDE**, São Paulo, v.1, n.1, p. 11-25, 2010.

SILVA, Cristovão Henrique Ribeiro da; LEAL, Greisse Quintino. Ideologia, Segregação e Fragmentação Territorial: O caso dos Conjuntos Habitacionais Populares em Três Lagoas – MS. In: **Revista Discente Expressões Geográficas**, nº 07, ano VII, p. 54 - 74. Florianópolis, jun. 2011.

SILVA, R.S.; MAGALHÃES, H. Eco técnicas Urbanas. In. **Revista Ciência & Ambiente**. 1993, p. 33-42.

STONE Jr. B. *Paving over paradise: how land use regulations promote residential imperviousness*. **Landscape and Urban Planning**, v. 69, p. 101-113, 2004.

THE WHOQOL GROUP. *The World Health Organization quality of life assessment (WHOQOL): position paper from the World Health Organization*. **Soc Sci Méd**; 41:1403-10. 1995.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Alguns desafios brasileiros em recursos hídricos e meio ambiente** – parte 1. A água em revista. Belo Horizonte, ano 3, nº6, p.9-15, nov. 1995.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. As enchentes Urbanas e a Drenagem. **Revista Ecos**, Porto Alegre, nº 12, p. 5. Mai. 1998.

TZOULAS, K. et al. . *Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: a literature review*. **Landscape and Urban Planning**, v. 81, 2007, pp.167-178.

WALMSLEY, A. (2006). *Greenways: multiplying and diversifying in the 21st century*. **Landscape and Urban Planning**, v. 76, 2006, pp. 252-290.

CONGRESSOS, CONFERÊNCIAS, SIMPÓSIOS E OUTROS EVENTOS CIENTÍFICOS

ALVES, H. P. F. **Anais ...** do XI Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional (ANPUR). Salvador-BA, maio 2005.

CARVALHO, Pompeu Figueiredo de Carvalho; BRAGA, Roberto. Da Negação à Reafirmação da Natureza na Cidade: o conceito de “renaturalização” como suporte à política urbana. **ANAIS...** VIII Simpósio Nacional de Geografia Urbana, 2003.

LASZLO, J. M. ; ROCHA, P. C. . Variações morfológicas dos canais fluviais dos rios Aguapeí e Peixe e suas relações com os diferentes trechos dos perfis longitudinais. In: **ANAIS...** Congresso Brasileiro de Geógrafos, 2014, Vitória. Anais do VII Congresso Brasileiro de Geógrafos, 2014. Disponível em: http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1403633430_ARQUIVO_Trabalho_CBG-JhonatanLaszlo.pdf . Acesso em 04 nov de 2014.

QUEIROZ, E. A.; SOUZA, M. P.. Simulação de medidas mitigatorias dos efeito da urbanização sobre a drenagem urbana na bacia do córrego do Gregório, São Carlos – SP, utilizando sistema de informações geográficas. In: **Anais...** XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Recife: ABRH, p. 23-28, 1997.

RAMOS, M.; BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.. Impacto das alterações da lei de uso e ocupação do solo em Belo Horizonte no cálculo de hidrogramas de projetos. In: **Anais...** XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Vitória ABRH, 1997, v. 3, p. 221-227.

RODRIGUEZ, J.M.M. Planejamento Ambiental como campo de ação da Geografia. In: C.B.G, 5,1994, Curitiba/PR. **Anais...**Curitiba: AGB, 1994. V.1.

SANTOS, R. M.; ECHEVERRIA, J. L.; BENINI, S. M. Revitalização de córregos como estratégia de controle de inundações em áreas urbanas. **Anais...** V Seminário Latino-americano e I Seminário Ibero-americano de Geografia Física. Santa Maria – Rio Grande do Sul – Brasil, 2008.

VILLAÇA, Flávio. Efeitos do Espaço Sobre o Social na Metrópole Brasileira. In: **Anais...** VII Encontro Nacional da ANPUR, 1997, ANPUR/MDU/UFPE, 1997. V. 2, P. 1375-1385.

RELATÓRIOS TÉCNICOS

BENEDICT, Mark A.; MCMAHON, Edward T. **Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century**. Washington, D.C.: *Sprawl Watch Clearinghouse*, 2002b.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1988.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. **Estudos de Macro drenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. Tupã, v. 1, t.1, 2008a.

_____. **Estudos de Macro drenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. Tupã, v. 2, t.1, 2008b.

_____. **Estudos de Macro drenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. Tupã, v. 3, t.1, 2008c.

_____. **Estudos de Macro drenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. Tupã, v. 4, t.1, 2008d.

_____. **Estudos de Macro drenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. Tupã, v. 5, t.1, 2008e.

FUNDAÇÃO PREFEITO FARIA LIMA – CEPAM. **Pesquisas sobre o problema fundiário urbano**, documento de trabalho, São Paulo, 1982b.

GROSSI, Marina Freitas G. de A. (org.) **A Regulamentação do Protocolo de Quioto: principais instrumentos**. Brasília: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas do Saneamento 2011**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília, 2011

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo de 2010**. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/webservice/default.php?cod1=35&cod2=355500&cod3=35&frm=urb_rur>. Acesso em 17 jul. 2013.

IPH – Instituto de Pesquisa Hidráulica da Universidade federal do Rio Grande do SUL / DEP Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura de Porto Alegre. **Plano Diretor de Drenagem Urbana – Manual de Dreangem Urbana**. Porto Alegre: UFRGS, mar. 2002, v. 2.

OMS. **Veinte pasos para desarrollar un proyecto de ciudades saludables**. 2 ed. Europa. 1995. Disponível em < <http://redconsalud.info/noticia.aspx?id=120&mn=2> > Acesso em 16 out. 2010.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Florestal. **Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005, 200 p.

SELLES, I. M. [et al.]. **Revitalização de rios - orientação técnica**. Rio de Janeiro. SEMADS. Cooperação Técnica Brasil – Alemanha. Projeto PLANÁGUA-SEMADS/GTZ. 2001.

SEPLIN - Secretaria Municipal de Planejamento e Infraestrutura. **Relatório de Projetos e Obras**. Tupã: Prefeitura Municipal de Tupã, 2006.

_____. **Relatório Geral de Projetos e Obras (2008 a 2012)**. Tupã: Prefeitura Municipal de Tupã, 2012.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. **Drenagem urbana: aspectos de gestão**. Apostila de curso preparado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para Gestores Regionais de Recursos Hídricos Porto Alegre: IPH/UFRGS. 2002. Disponível em: <<http://galileu.iph.ufrgs.br/joel/iph014/APOSTILADRENAGEMGESTORES2002.pdf>>. Acesso em 15 fev. 2008.

SINGAPORE. **ABC Waters Design Guidelines**. *Public Utilities Board* (“PUB”). 2. ed., 2011a. Disponível em: <http://www.pub.gov.sg/abcwaters/abcwatersdesignguidelines/Documents/ABCWatersDesignGuidelines_2011.pdf> Acesso em 03 set. 2012.

_____. **Bioretention Basins**. *Public Utilities Board* (“PUB”), 2011b. Disponível em: <http://www.pub.gov.sg/abcwaters/abcwatersdesignguidelines/Documents/Bioretention_Basins.pdf> Acesso em 03 set. 2012.

_____. **Bioretention Swales**. *Public Utilities Board* (“PUB”), 2011c. Disponível em: <http://www.pub.gov.sg/abcwaters/abcwatersdesignguidelines/Documents/Bioretention_Swale.pdf> Acesso em 03 set. 2012.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli.. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco, 2005a. Disponível em < http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/institucional/grupos-de-trabalho/residuos/docs_resid_solidos/GestaoAguasPluviaisUrbanas.pdf >. Acesso em 10 fev. 2013.

_____. **Gestão de Inundações Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco, 2005b. Disponível em < http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/institucional/grupos-de-trabalho/residuos/docs_resid_solidos/GestaoInundacoesUrbanas.pdf >. Acesso em 10 fev. 2013.

ZMITROWICZ, W. **Infra-estrutura urbana** / W. Zmitrowicz, G. de Angelis Neto. São Paulo: EPUSP, 1997. 36 p. Texto Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/17.

LEGISLAÇÕES

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.267:

Procedimentos: Normas para elaboração de Plano Diretor. Rio de Janeiro, 1992. 3 p.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil:** promulgada em 5 de outubro de 1988. . São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009.

_____. **Lei Federal nº 10.257**, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade.** DOU 11.07.2001, ret. DOU 17.07.2001.

_____. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 8 jan. 2007.

_____. **Resolução n.º 001/86** do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

TUPÃ. **Lei complementar N° 170** de 15 de dezembro de 2009. Institui o Plano Diretor da Estância Turística de Tupã.

JORNAIS

JORNAL DIÁRIO. **Temporal arrasou a cidade na madrugada de ontem.** Tupã, 09 fev. 1999.

JORNAL DIÁRIO. **Chuva provoca alagamento em diversos pontos da cidade.** Tupã, 21 Jan. 2008.

WEBSITES

CARTA DA TERRA. Disponível em: < <http://www.cartadaterrabrasil.org/prt/text.html> > Acesso em 23 Jan 2010.

CASSETI, Valter. **Geomorfologia.** [S.l.]: 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>> Disponível em: 20 ago. 2013.

CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral do Governo Estadual. Disponível em < <http://www.cati.sp.gov.br/new/enderecos.php> > Acesso em 08 set. 2014.

CICLOVIVO. **O Parque Várzeas do Tietê.** Disponível em: < <http://ciclovivo.com.br> > Acesso em 26 out. 2013.

CIDADE-JARDIM. Disponível em: <<http://www.urbanidades.arq.br/bancodeimagens/>>. Acesso em: 13 de jul. 2013.

CPA. **Classificação Climática de Koeppen do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/imagens/classkoeppensp2.gif>> Acesso em 12 out. 2013.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Cotidiano** (Matéria publicada em 31.08.2012). Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/1146250-dados-do-ibge-apontam-que-populacao-do-pais-cresce-rumo-ao-interior.shtml>>. Acesso em: 17 jul. 2013.

FREITAS, José Carlos. **Plano Diretor como Instrumento da Política Urbana**. [online] Disponível em <http://www.mpdft.gov.br/Orgaos/PromoJ/Prourb/pl_dir_instr_pol_urb.htm>. Acesso em 23 de abril de 2005.

LAGO SECO. <<http://faroldereminescencias.blogspot.com.br/2011/06/prevencao-de-enchentes.html>> Acesso em: 29 jul. 2013

MAHATMA GANDHI. Disponível em: < <http://www.citador.pt/frases/o-futuro-dependera-daquilo-que-fazemos-no-presente-mohandas-karamchand-gandhi-1725>> Acesso em 26 out. 2013.

MAIS PETRÓPOLIS. **IBGE destaca Acessibilidade e Arborização de Porto Alegre**. Disponível em: < <http://maispetropolis.wordpress.com/2012/05/28/ibge-destaca-acessibilidade-e-arborizacao-de-porto-alegre/> > Acesso em 26 out. 2013.

MOURA, Duce *et al.*. **Revitalização Urbana**. Contributos para a definição de um conceito operativo. 2005, pp. 1 - 34. Disponível em; < http://home.fa.utl.pt/~fs/FCT_2009/URB%20REHABILITATION/PAPER%2004%20_%202006_RevitalizacaoUrbana.pdf >. Acesso em 14 jun. 2013.

NOVION, Henry Phillippe Ibanes de. **O que são serviços ambientais? Unidades de Conservação na Amazônia Brasileira**. Disponível em <<http://uc.socioambiental.org/servi%C3%A7os-ambientais/o-ques%C3%A3o-servi%C3%A7os-ambientais>>. Acesso em: 04 jan.2015.

PARQUE DO IBIRAPUERA. Disponível em: < <http://www.parquedoibirapuera.com> > Acesso em 26 out. 2013.

PAVABLOG. **Curitiba quer tornar teto verde obrigatório em edifícios**. Disponível em: <<http://www.pavablog.com/2013/04/18/curitiba-quer-tornar-teto-verde-obrigatorio-em-edificios/>> Acesso 27 out. 2013.

PORTAL TERRA. Disponível em <<http://noticias.terra.com.br/>> Acesso 17 jul. 2013.

PUB. **Kallang River-Bishan Park ABC Waters Project**. Disponível em < <http://www.pub.gov.sg/abcwaters/Publications/Pages/KallangRiver.aspx>> Acesso em 17 out. 2013.

REVISTA VEJA SÃO PAULO. **Mapeamento dos Principais Pontos de Alagamentos de Vias em São Paulo, Realizado pelo Centro de Gerenciamento de Emergências e a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET)**. Disponível em

<<http://vejasp.abril.com.br/materia/pontos-de-alagamento-em-saopaulo?gclid=CNXt0JjJtrgCFabm7Aod3WQA1g>>. Acesso 17 jul. 2013.

_____. **O Viaduto Antártica Em 1996 (À Esq.) E Em 2013: Nenhuma Mudança.** Disponível Em: <<Http://Vejasp.Abril.Com.Br>>. Acesso 17 Jul. 2013

RIBEIRO, Ricardo. **Ciclo Hidrológico.**

http://www.ecomvoce.com.br/Figuras/ciclo_hidrologico_pagina.jpg.png. Acesso em 04 abr 2015.

ROLNIK, Raquel. **Estatuto da cidade:** Instrumento para as cidades que sonham crescer com justiça e beleza. [*on-line*] Disponível em <<http://www.estatutodacidade.org.br/estatuto/artigo1.html>>. Acesso em 23 de abril de 2005.

SAULE JÚNIOR, Nelson. **Estatuto da Cidade:** Instrumento de reforma Urbana. [*on-line*] Disponível em <<http://www.estatutodacidade.org.br/estatuto/artigos.shtml>>. Acesso em 20 abr. 2005.

SEADE. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM.** Disponível em: <<http://produtos.seade.gov.br/produtos/perfil/perfilMunEstado.php>> Acesso 20 ago. 2014.

SIFESP. Inventário Florestal do Estado de São Paulo, 2005 - Mapas Municipais. Disponível em <<http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/mapasmunicipais.html>> Acesso 04 set. 2014.

VILLAÇA, Flávio. **Dilemas do plano diretor.** 1997. Disponível em: <<http://www.ongcidade.org/site/arquivos/artigos/dilemas436f9e94d59fb.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2012.

APÊNDICE

APÊNDICE

Tabela 5 - Índice de Áreas Verdes Públicas da Cidade de Tupã/SP

Nº DE CAD.	QUALIFICAÇÃO	LOTEAMENTO	SETOR	ANO	ÁREA VERDE PÚBLICA APROVADA (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA ATUAL (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA NÃO URBANIZADA (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA URBANIZADA (m²)
1		SEDE	CENTRO	1929	19.377,72	17.153,34	0,00	17.153,34
2	VILA	ALVORADA	OESTE	1962	0,00	0,00	0,00	0,00
3	JARDIM	NOSSA SENHORA DE FÁTIMA	OESTE	1954	0,00	0,00	0,00	0,00
4	PARQUE	UNIVERSITÁRIO	OESTE	1972	31.367,87	20.531,27	9.533,27	10.998,00
5	JARDIM	IPIRANGA	NORTE	1953	0,00	0,00	0,00	0,00
6	VILA	FRIAS	NORTE	1971	0,00	0,00	0,00	0,00
7	VILA	ABARCA	NORTE	1947	38.881,20	16.057,04	11.606,24	4.450,80
8	JARDIM	CEREJEIRAS	NORTE	1956	0,00	0,00	0,00	0,00
9	JARDIM	RUBIÁCEA	NORTE	1973	0,00	0,00	0,00	0,00
10	VILA	BANDEIRANTES	OESTE	1947	0,00	0,00	0,00	0,00
11	VILA	SANTA HELENA	OESTE	1957	0,00	0,00	0,00	0,00
12	VILA	BARCELONA	OESTE	1961	0,00	0,00	0,00	0,00
13	VILA	SANTA TEREZINHA	NORTE	1957	0,00	0,00	0,00	0,00
14	VILA	ESPANHA	NORTE	1973	0,00	0,00	0,00	0,00
15	VILA	VIADUTO	OESTE	1971	0,00	0,00	0,00	0,00
16	VILA	APARECIDA	OESTE	1952	0,00	0,00	0,00	0,00
17	VILA	NOVA I	OESTE	1947	0,00	0,00	0,00	0,00
18	VILA	LIBERDADE	NORTE	1948	0,00	0,00	0,00	0,00
19	VILA	BRASÍLIA	NORTE	1962	0,00	0,00	0,00	0,00
20	VILA	ARTHUR FERNANDES	NORTE	1973	0,00	0,00	0,00	0,00
21	VILA	MARILUZ	NORTE	1973	0,00	0,00	0,00	0,00
22	VILA	SANTA CLARA	NORTE	1974	0,00	0,00	0,00	0,00
23	VILA	GIOVANETTI	NORTE	1960	0,00	0,00	0,00	0,00
24	VILA	SIDURO	NORTE	1962	0,00	0,00	0,00	0,00
25	VILA	JOSÉ LEMES SOARES	NORTE	1953	0,00	0,00	0,00	0,00
26	VILA	MUNHOZ	NORTE	1954	0,00	0,00	0,00	0,00
27	VILA	VITÓRIA	NORTE	1946	0,00	0,00	0,00	0,00
28	VILA	MARABÁ	LESTE	1947	0,00	0,00	0,00	0,00
29	VILA	SÃO JOSÉ	LESTE	1963	0,00	0,00	0,00	0,00
30	PARQUE	GUAIANAZES	LESTE	1963	260,00	260,00	0,00	260,00
31	PARQUE	ALIANÇA	LESTE	1974	0,00	0,00	0,00	0,00

Nº DE CAD.	QUALIFICAÇÃO	LOTEAMENTO	SETOR	ANO	ÁREA VERDE PÚBLICA APROVADA (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA ATUAL (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA NÃO URBANIZADA (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA URBANIZADA (m²)
32	PARQUE	IBIRAPUERA	LESTE	1963	594,15	594,15	0,00	594,15
33	PARQUE	MARIA CRISTINA	LESTE	1964	0,00	0,00	0,00	0,00
34	JARDIM	SÃO PEDRO	LESTE	1973	0,00	0,00	0,00	0,00
35	PARQUE	DOM BOSCO	LESTE	1966	0,00	0,00	0,00	0,00
36	VILA	RICARDO	LESTE	1966	381,25	381,25	0,00	381,25
37	VILA	FORMOSA	LESTE	1974	0,00	0,00	0,00	0,00
38	VILA	SANTA IGNÊS	LESTE	1947	0,00	0,00	0,00	0,00
39	VILA	PARAÍSO	LESTE	1947	0,00	0,00	0,00	0,00
40	JARDIM	IDEAL	LESTE	1969	15.332,40	0,00	0,00	0,00
41	JARDIM	SANTO ANTÔNIO	LESTE	1956	56,25	0,00	0,00	0,00
42	PARQUE	IPIRANGA	LESTE	1976	8.920,12	4.556,60	1.574,10	2.982,50
43	PARQUE	BELA VISTA	LESTE	1990	0,00	0,00	0,00	0,00
44	PARQUE	IRAJÁ	LESTE	1961	0,00	0,00	0,00	0,00
45	VILA	MARAJOARA	LESTE	1955	0,00	0,00	0,00	0,00
46	VILA	AMERICANA	LESTE	1961	0,00	0,00	0,00	0,00
47	VILA	TUPÃ MIRIM I	LESTE	1943	2.268,00	2.268,00	0,00	2.268,00
48	VILA	LAHOZ	LESTE	1947	0,00	0,00	0,00	0,00
49	VILA	TUPÃ MIRIM II	LESTE	1940	5.060,00	5.060,00	0,00	5.060,00
50	JARDIM	GUANABARA	SUL	1963	0,00	0,00	0,00	0,00
51	VILA	SANTA RITA DE CÁSSIA	SUL	1956	728,00	0,00	0,00	0,00
52	PARQUE	TABAJARAS	SUL	1962	0,00	0,00	0,00	0,00
53	VILA	EUROPA	SUL	1976	0,00	0,00	0,00	0,00
54	VILA	DAS INDÚSTRIAS	SUL	1975	1.828,45	261,14	0,00	261,14
55	VILA	INDEPENDÊNCIA	OESTE	1956	0,00	0,00	0,00	0,00
56	JARDIM	PAULISTA	OESTE	1956	0,00	0,00	0,00	0,00
57	JARDIM	GUARUJÁ	OESTE	1990	0,00	0,00	0,00	0,00
58	VILA	VARGAS	OESTE	1944	134,31	134,31	0,00	134,31
59	JARDIM	AMÉRICA	OESTE	1990	8.544,55	8.544,55	0,00	8.544,55
60	VILA	SÃO PAULO	OESTE	1947	1.167,18	1.167,18	0,00	1.167,18
61	VILA	SÃO JORGE	OESTE	1990	0,00	0,00	0,00	0,00
62	VILA	TEIXEIRA	OESTE	1976	0,00	0,00	0,00	0,00
63	VILA	SEVILHA	OESTE	1968	0,00	0,00	0,00	0,00
64	VILA	SANTA AMÁLIA	OESTE	1954	0,00	0,00	0,00	0,00
65	VILA	AVIAÇÃO	OESTE	1949	0,00	0,00	0,00	0,00
66	VILA	NOVA II	OESTE	1954	0,00	0,00	0,00	0,00
67	PARQUE	DAS NAÇÕES	OESTE	1974	2.261,19	2.261,19	0,00	2.261,19
68	VILA	SANTA CECÍLIA	OESTE	1966	0,00	0,00	0,00	0,00
69	NÚCLEO HAB.	AUGUSTO ROSIN	OESTE	1968	6.840,40	6.840,40	0,00	6.840,40
70	VILA	NAÍBRA	OESTE	1975	0,00	0,00	0,00	0,00
71	PARQUE	PRESIDENTE KENNEDY	LESTE	1976	0,00	0,00	0,00	0,00
72	VILA	BELA VISTA	LESTE	1990	0,00	0,00	0,00	0,00
73	VILA	INGLESA	SUL	1976	9.067,21	9.067,21	967,21	8.100,00
74	PARQUE	IPANEMA	LESTE	1977	0,00	0,00	0,00	0,00

Nº DE CAD.	QUALIFICAÇÃO	LOTEAMENTO	SETOR	ANO	ÁREA VERDE PÚBLICA APROVADA (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA ATUAL (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA NÃO URBANIZADA (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA URBANIZADA (m²)
75	JARDIM	SANTA MARIA	LESTE	1977	325,00	325,00	325,00	0,00
76	PARQUE	INDUSTRIAL I - EIZI HIRANO	OESTE	1975	0,00	0,00	0,00	0,00
77	JARDIM	ARITANA	LESTE	1979	29.035,69	19.361,93	0,00	19.361,93
78	JARDIM	ITAIPU	LESTE	1979	3.677,68	2.886,88	654,50	2.232,38
79	JARDIM	APOENA	LESTE	1979	12.635,29	993,77	993,77	0,00
80	JARDIM	JAÇANÃ	LESTE	1979	15.133,36	6.415,90	6.415,90	0,00
81		DELTA VILLE TÊNIS CLUBE	LESTE	1991	77.831,90	0,00	0,00	0,00
82	CONJ. HAB.	CINQUENTENÁRIO	LESTE	1979	4.146,05	3.894,10	2.648,10	1.246,00
83	JARDIM	CYBELLE	LESTE	1980	1.094,67	1.094,67	0,00	1.094,67
84	VILA	ROMANA	LESTE	1981	4.389,10	2.726,60	2.476,60	250,00
85	CONJ. HAB.	JOAQUIM RIBEIRO PORTO	LESTE	1981	8.232,77	8.232,77	1606,57	6.626,20
86	VILA	FAUT	OESTE	1982	2.965,84	0,00	0,00	0,00
87	JARDIM	SANTA ADÉLIA	LESTE	1982	14.257,10	5.112,16	0,00	5.112,16
88	VILA	ELDORADO	LESTE	1982	2.390,20	0,00	0,00	0,00
89	VILA	ALTO SUMARÉ	LESTE	1984	8.926,50	708,80	708,80	0,00
90	VILA	FREDY VILLE	SUL	1982	4.673,30	4.673,30	2.235,40	2.437,90
91	PARQUE	INDUSTRIAL II	SUL	1986	0,00	0,00	0,00	0,00
92	PARQUE	SÃO PEDRO	LESTE	1986	2.122,48	1.647,28	501,20	1.146,08
93	CONJ. HAB.	ANTÔNIO CARAN	LESTE	1988	6.463,90	4.276,60	900,10	3.376,50
94	JARDIM	UNESP I	LESTE	1989	7.403,75	2.278,49	0,00	2.278,49
95	DISTRITO	UNIVERSO		1955	5.642,00	5.642,00	0,00	5.642,00
96	DISTRITO	ARCO-IRIS (EMANCIPADO)			0,00	0,00	0,00	0,00
97	DISTRITO	PARNASO		1955	0,00	0,00	0,00	0,00
98	DISTRITO	VARPA		1955	1.555,00	1.555,00	0,00	1.555,00
99		LOTEAMENTO NÃO CONSOLIDADO			0,00	0,00	0,00	0,00
100		LOTEAMENTO NÃO CONSOLIDADO			0,00	0,00	0,00	0,00
101		LOTEAMENTO NÃO CONSOLIDADO			0,00	0,00	0,00	0,00
102	CONJ. HAB.	CÔNEGO EDUARDO REBOUÇAS DE CARVALHO SILVA	LESTE	1992	703,62	703,62	0,00	703,62
103	CONJ. HAB.	SEVERINO FORTUNATO DA SILVA	LESTE	1993	4.549,38	4.549,38	4.549,38	0,00
104	CONJ. HAB.	WALTER PIMENTEL	LESTE	1993	15.526,11	11.462,34	11.462,34	0,00
105	CONJ. HAB.	JOSÉ MARIA GONÇALVES GAMEIRO	LESTE	1994	16.050,88	14.116,87	14.116,87	0,00
106	CONJ. HAB.	ANTÔNIO PEREIRA GASPAR	LESTE	1995	20.588,89	20.589,19	20.149,95	439,24
107	CONDOMÍNIO	RESIDENCIAL PARQUE DOS SABIÁS	LESTE		0,00	0,00	0,00	0,00
108		RESIDENCIAL TUPÃ	NORTE		0,00	0,00	0,00	0,00
109	JARDIM	CHÁCARA VELINI	LESTE	1997	8.600,93	0,00	0,00	0,00

Nº DE CAD.	QUALIFICAÇÃO	LOTEAMENTO	SETOR	ANO	ÁREA VERDE PÚBLICA APROVADA (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA ATUAL (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA NÃO URBANIZADA (m²)	ÁREA VERDE PÚBLICA URBANIZADA (m²)
110		LOTEAMENTO NÃO CONSOLIDADO			0,00	0,00	0,00	0,00
111	JARDIM	AMAMBI	OESTE	1998	6.647,83	3.343,46	3.343,46	0,00
112	PARQUE	INDUSTRIAL III	LESTE		0,00	0,00	0,00	0,00
113	PARQUE	RESIDENCIAL CASARI	LESTE	1998	19.387,73	11.171,53	11.171,53	0,00
114	CONJ. HAB.	JOSÉ FELICIANO	LESTE	1999	7.575,07	7.575,07	0,00	7.575,07
115	JARDIM	RESIDENCIAL AOKI	NORTE	2001	4.928,09	4.928,09	4.928,09	0,00
116	JARDIM	UNESP II	LESTE	1989	4.919,12	4.919,12	4.919,12	0,00
117	JARDIM	CHÁCARA VELINI - PROLONGAMENTO O	LESTE	2003	3.243,82	3.243,82	3.243,82	0,00
118	JARDIM	CHÁCARA VELINI - PROLONGAMENTO O	LESTE	2004	8.134,94	8.134,94	8.134,94	0,00
119	JARDIM	MORIBIM	NORTE	2004	7.525,52	7.525,52	7.525,52	0,00
120		NOVA TUPÃ	LESTE	2013	32.095,93	20.978,68	20.978,68	0,00
A	JARDIM	GAURANI	LESTE	2009	7.514,88	7.514,88	7.514,88	0,00
B	CONJ. HAB.	JOÃO PAULO II	LESTE	2010	13.659,76	13.659,76	13.659,76	0,00
C	CONJ. HAB.	SÃO FRANCISCO I	LESTE	2010	1.381,14	1.381,14	1.381,14	0,00
D	CONJ. HAB.	SÃO FRANCISCO II	LESTE	2010	4.671,34	4.671,34	4.671,34	0,00
E	JARDIM	TOLEDO VILLE	NORTE	2008	2.725,82	2.725,82	2.725,82	0,00
F	JARDIM	DAS ÁGUAS	NORTE	2012	25.659,43	25.659,43	25.659,43	0,00
G		RESERVA TUPÃ	NORTE	2013	159.594,16	159.594,16	159.594,16	0,00
H		ÁREA DE EXPANSÃO URBANA		2012	66.598,04	66.598,04	66.598,04	0,00
TOTAL					808.254,26	572.009,08	437.868,46	132.534,05

ANEXOS

