



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Mauro Alexandre de Oliveira Prioste

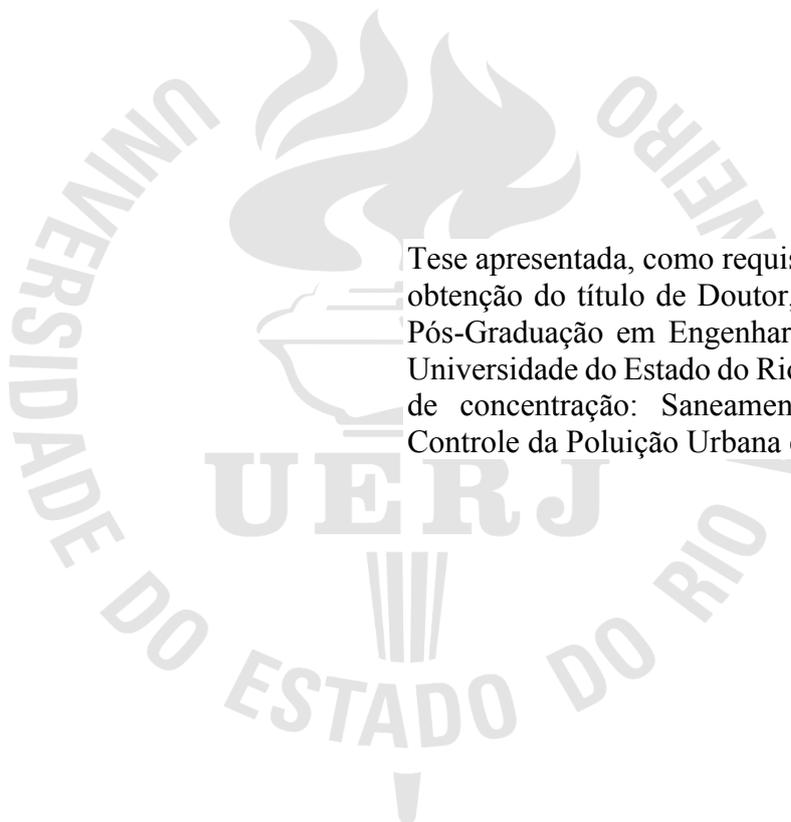
**GOVERNANÇA LOCAL DE ÁGUAS PLUVIAIS BASEADA NO
DESENHO E DESENVOLVIMENTO URBANO DE BAIXO IMPACTO
(LIUDD): PROPOSIÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL
PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO**

Rio de Janeiro

2022

Mauro Alexandre de Oliveira Prioste

Governança local de águas pluviais baseada no desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto (LIUDD): proposição de um modelo conceitual para a cidade do Rio de Janeiro



Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientador: Prof.º Dr. Alfredo Akira Ohnuma Jr.

Coorientadora: Prof.ª Dr.ª Rosa Maria Formiga Johnsson

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

P958 Prioste, Mauro Alexandre de Oliveira.
Governança local de águas pluviais baseada no desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto (LIUDD): proposição de um modelo conceitual para a cidade do Rio de Janeiro / Mauro Alexandre de Oliveira Prioste. – 2022.
381f.

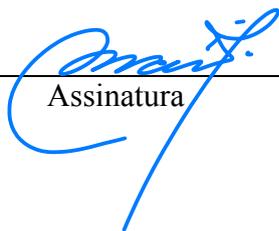
Orientador: Alfredo Akira Ohnuma Jr.
Coorientadora: Rosa Maria Formiga Johnsson.
Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Águas pluviais - Teses. 3. Gestão ambiental - Teses. 4. escoamento urbano - Teses. 5. Desenvolvimento urbano sustentável - Teses. I. Ohnuma Jr., Alfredo Akira. II. Johnsson, Rosa Maria Formiga. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 628.1.037

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.


Assinatura

12 de julho de 2022

Data

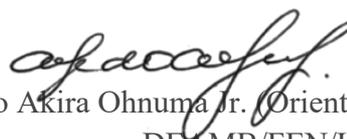
Mauro Alexandre de Oliveira Prioste

Governança local de águas pluviais baseada no desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto (LIUDD): proposição de um modelo conceitual para a cidade do Rio de Janeiro

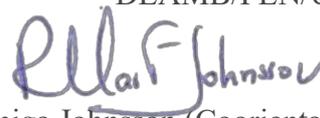
Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovada em 18/04/2022

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Jr. (Orientador)
DEAMB/FEN/UERJ



Prof.ª Dr.ª Rosa Maria Formiga Johnsson (Coorientadora)
DESMA/FEN/UERJ



Prof. Dr. Marcelo Obraczka
DESMA/FEN/UERJ



Prof. Dr. Paulo Luiz da Fonseca
UFF/PREFEITURA DO RIO



Prof.ª Dr.ª Maria Inês Paes Ferreira
PPEA/IFF



Prof.ª Dr.ª Mônica de Avelar Figueiredo Mafra Magalhães
ICICT/FIOCRUZ

Rio de Janeiro
2022

Este trabalho é dedicado à minha mãe, ISABEL DE OLIVEIRA PRIOSTE, que enfrentou todas as provações que o mundo lhe tem imposto, para me presentear com o que ela tem de melhor: a vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, inteligência suprema, causa primária de todas as coisas.

Aos meus pais, Maurio e Isabel, que nunca mediram esforços para me incentivar e ajudar no cumprimento dos meus objetivos.

Ao Douglas, Paulo Roberto, Pedro e ao restante da família e amigos, que estiveram tanto tempo afastados de mim nesta empreitada hercúlea chamada doutoramento.

À memória do Prof. Júlio Domingos Nunes Fortes, que foi o primeiro a me convencer que eu seria capaz de encarar e defender uma tese de doutorado.

À Prof.^a Márcia Marques Gomes, que foi uma coordenadora incansável na tarefa de me incentivar e compreender cada dificuldade que surgiu ao longo da estrada.

Ao meu orientador Prof. Alfredo Akira Ohnuma Jr., que acreditou desde o início que este trabalho seria concluído, apesar de todos os momentos de cansaço e dúvidas que eu experimentei.

À minha coorientadora Prof.^a Rosa Maria Formiga Johnsson, que foi minha inspiração desde os tempos dos comitês de bacias hidrográficas, quando aprendi a ter uma visão multidisciplinar sobre os recursos hídricos.

Aos técnicos da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, que atenderam, sempre que possível, às minhas demandas de pesquisa.

Ao graduando de engenharia civil Gustavo Lacerda Cunha, que superou os limites da inexperiência no mundo acadêmico para trabalhar incansavelmente na elaboração gráfica deste trabalho.

Aos meus colegas do DEAMB: David Aguiar, Rodrigo Fontes e Renato Batista, que tiveram a paciência em ouvir minhas inseguranças e, fervorosamente, me incentivaram a seguir em frente.

Enfim, a todos os moradores da Ilha do Governador, que experimentam as consequências das chuvas da cidade em seu cotidiano.

Chama o Alexandre! Chama!
Olha a chuva que chega!
É a enchente.
Olha o chão que foge com a chuva ...
Olha a chuva que encharca a gente.
Põe a chave na fechadura.
Fecha a porta por causa da chuva,
olha a rua como se enche!
Enquanto chove bota a chaleira no fogo: olha a chama! Olha a chispa.
Olha a chuva nos feixes de lenha!
Vamos tomar chá pois a chuva é tanta que nem de galocha se pode andar na rua cheia!
Chama o Alexandre! Chama! Chama o Alexandre!
Chama!

Cecília Meireles

RESUMO

PRIOSTE, M. A. O. **Governança local de águas pluviais baseada no desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto (LIUDD)**: proposição de um modelo conceitual para a cidade do Rio de Janeiro. 2022. 381 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Os conflitos de competência na gestão dos recursos hídricos do Brasil trouxeram um grande prejuízo na elaboração de políticas públicas nacionais, regionais ou locais, diante da indefinição, de forma explícita, das áreas de atuação (geográficas e políticas) de cada ente da federação. Neste trabalho busca-se apresentar uma percepção acerca do gerenciamento das águas pluviais diretamente ligada às questões históricas, configurando uma verdadeira linha de espaço-tempo capaz de demonstrar a influência das sociedades antigas nos modelos de gestão em territórios conquistados, bem como verificar que esse comportamento se replica até os dias de hoje. A dimensão ambiental das questões de drenagem urbana superou o enfoque exclusivamente sanitário do passado e passou a incluir questões como: a requalificação dos espaços públicos, o controle do uso e ocupação do solo e a manutenção de espaços livres, e a considerar a necessidade de preservação dos elementos naturais de paisagem e da participação democrática na administração do bem comum. As cidades devem resgatar suas atribuições políticas locais, melhorar as peças legislativas existentes e criar outras novas, capazes de credenciá-las na elaboração de agendas urbanas e ambientais, que priorizem uma gestão sustentável das águas pluviais e a inclusão social como instrumento de gestão. Buscou-se apresentar uma proposta de gestão das águas pluviais para a cidade do Rio de Janeiro com a possibilidade de replicação para outras cidades com características geomorfológicas ou socioambientais semelhantes. A partir da identificação de um recorte geográfico na cidade – a Ilha do Governador – foi possível elaborar uma proposta de gestão local das águas pluviais sob o conceito de Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LIUDD) e de Soluções baseadas na Natureza (SbN), levando-se em conta: os ativos potenciais identificados, o exercício de governança local, o monitoramento remoto e a adequação jurídica, bem como a efetiva adesão ao estabelecido nas Políticas Nacionais de Saneamento Básico e de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Os resultados permitiram assegurar a relevância social deste trabalho, além de evidenciar a possibilidade de ampliação de escolhas de modelos de gestão das águas pluviais, capazes de direcionar políticas públicas com alternativas de baixo custo, de baixo impacto, inclusão social e de gestão sustentável, capazes de incentivar a mudança de foco sobre a drenagem urbana, de “problema” para “oportunidade”.

Palavras-chave: LIUDD. Gestão sustentável de águas pluviais. Ativos potenciais ambientais. Cidade do Rio de Janeiro.

ABSTRACT

PRIOSTE, M. A. O. **Local governance of rainwater based on low impact urban design and development (LIUDD)**: proposition of a conceptual model for the city of Rio de Janeiro. 2022. 381 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

The conflicts of competence in the management of water resources in Brazil have brought great damage to the elaboration of national, regional, or local public policies, given the explicit lack of definition of the areas of action (geographical and political) of each entity of the federation. This work seeks a perception on the management of rainwater directly linked to historical issues, configuring a true line of space-time capable of demonstrating the influence of ancient societies on management models in conquered territories, as well as verifying that this behavior is replicated until nowadays. The environmental dimension on urban drainage issues surpassed the exclusively sanitary approach of the past and started to include issues such as: the requalification of public spaces, the control of land use and occupation, the maintenance of open spaces, and to consider the need to preservation of natural landscape elements and democratic participation in the administration of the common good. Cities must rescue their local political attributions, improve existing pieces of legislation, and create new ones, capable of accrediting them in the elaboration of urban and environmental agendas, which prioritize sustainable management of rainwater and social inclusion as a management instrument. This work sought to present a proposal for the management of rainwater for the city of Rio de Janeiro with the possibility of replicating it to other cities with similar geomorphological or socio-environmental characteristics. From the identification of a geographic area in the city – Ilha do Governador – it was possible to elaborate a proposal for the local management of rainwater under the concept of Low Impact Urban Design and Development (LIUDD) and Nature-based Solutions (NbS) , taking into account: the potential assets identified, the exercise of local governance, remote monitoring and legal adequacy, as well as the effective adherence to the established in the National Policies of Basic Sanitation and Management of Water Resources. The results made it possible to ensure the social relevance of this work, in addition to highlighting the possibility of expanding the choices of rainwater management models, capable of directing public policies with low-cost, low-impact, social inclusion and sustainable management alternatives, capable of incentivizing the change in focus on urban drainage, from a “problem” to an “opportunity”.

Keywords: LIUDD. Rainwater sustainable management. Potential environmental assets. City of Rio de Janeiro.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Proposta de linha de pesquisa sob os conceitos de Leff, Acselrad e Sachs	35
Figura 2 – Percurso entre Mérida (Espanha) e Lisboa (Portugal)	43
Figura 3 – Áreas de influência das equações IDF da cidade do Rio de Janeiro	50
Figura 4 – Linha do tempo dos sistemas de drenagem na Antiguidade	60
Figura 5 – O domínio territorial do Império Romano Ocidental e Oriental	61
Figura 6 – Hispânia Romana (séc. I – séc. II a.C.)	62
Figura 7 – Desenho ilustrativo da maquete de <i>Augusta Emerita</i>	63
Figura 8 – Trecho do <i>Acueducto de los Milagros</i>	64
Figura 9 – Lusitânia no séc. II a.C.	65
Figura 10 – Linha do tempo da infraestrutura hídrica e de saneamento básico na Europa	68
Figura 11 – Lisboa Pombalina	70
Figura 12 – Chafariz do Mestre Valentim, localizado na Praça XV de Novembro, no Rio de Janeiro	74
Figura 13 – Escravos aguadeiros no Brasil colonial	75
Figura 14 – Escravos que carregavam e despejavam os dejetos domésticos	75
Figura 15 – Inauguração do sistema de canais de Santos, SP. (1907)	77
Figura 16 – Avenida Central do Rio de Janeiro	82
Figura 17 – Alteração do equilíbrio hidrológico por efeito de urbanização	85
Figura 18 – Resposta da geometria do escoamento	86
Figura 19 – Resumo das etapas do Plano Diretor de Drenagem Urbana	90
Figura 20 – Grupos de indicadores de gestão do SNIS	106
Figura 21 – Proporção de municípios brasileiros segundo aspectos da Política Municipal de Saneamento Básico	107
Figura 22 – Proporção de PMSB conforme os quatro serviços componentes (2011/2017)..	108
Figura 23 – Representação do fluxo de esgotos e resíduos sólidos não coletados no sistema de drenagem	110
Figura 24 – Perfil dos Municípios Brasileiros	111
Figura 25 – Proporção dos municípios com cadastro técnico de obras lineares de DMAPU	112

Figura 26 – Proporção de municípios com Plano Diretor de Drenagem.....	112
Figura 27 – Balanço hídrico para uma cidade sensível às águas pluviais	116
Figura 28 – Biovaletas ou valas de infiltração	124
Figura 29 – Jardins de chuva (<i>raingardens</i>).....	124
Figura 30 – Bacias de acumulação (<i>raintanks</i>)	125
Figura 31 – Áreas verdes (<i>grass swales</i>) e sistemas de biorretenção (<i>bioretention systems</i>)	125
Figura 32 – Dispositivos de detenção.....	126
Figura 33 – Telhados sustentáveis.....	126
Figura 34 – Frequência de palavras referentes às cidades sustentáveis nas Américas e na Europa	130
Figura 35 – Frequência de palavras referentes às cidades sustentáveis na África e na Ásia	131
Figura 36 – Frequência de palavras referentes às cidades sustentáveis na Oceania	131
Figura 37 – Cidades verdes, azuis, inteligentes, sustentáveis ou sensíveis à água nos cinco continentes do Planeta	132
Figura 38 – Seleção das cidades sustentáveis no <i>mapa mundi</i>	132
Figura 39 – Esquema de funcionamento de um jardim de chuva.....	135
Figura 40 – Jardins de chuva da rua Siskiyou, Portland.....	136
Figura 41 – Esquema de implantação de um pavimento permeável	137
Figura 42 – Telhados verdes em Portland	138
Figura 43 – Galeria de drenagem do Parque Garvanza	140
Figura 44 – Proposta de revitalização do Distrito das Artes de Los Angeles	141
Figura 45 – Arquibancadas e vegetação na revitalização do rio Los Angeles	142
Figura 46 – Pontos de descanso na revitalização do rio Los Angeles.....	142
Figura 47 – Desenho de proposta de captação e reservação da chuva em Seattle	144
Figura 48 – Exemplos de ações do Programa <i>Restore Our Waters</i> , Seattle	145
Figura 49 – Jardim de chuva e sistema de biorretenção de rua de Vancouver.....	147
Figura 50 – Trincheiras de captação de água da chuva em rua de Vancouver.....	148
Figura 51 – <i>Vancouver Convention Centre</i> , Canadá.....	150
Figura 52 – Paredes verdes do prédio icônico <i>One Central Park</i> , em Sydney	154
Figura 53 – Logo do Estatuto das Águas Pluviais de Auckland, Nova Zelândia.....	158
Figura 54 – Inter-relação entre fonte, caminho e elemento receptor das águas pluviais em Singapura.....	160

Figura 55 – Reservatórios receptores de águas pluviais de Singapura.....	161
Figura 56 – Exemplo de ação do Programa ABC das Águas em Singapura.....	162
Figura 57 – <i>Marina Barrage</i> em Singapura	162
Figura 58 – Construção das lajes sobre o córrego Cheong-Gye, Seul, Coreia do Sul	164
Figura 59 – Antes, durante e depois do “Projeto Cheong-Gye”, Seul	165
Figura 60 – Córrego Cheong-Gye revitalizado (dia e noite), centro da cidade de Seul, Coreia do Sul.....	166
Figura 61 – Inundações de 1953 do mar do Norte, no sudoeste de Amsterdã	168
Figura 62 – Cinturão de segurança hídrica em torno de Amsterdã, Holanda.....	170
Figura 63 – Plataforma “Amsterdã Sensível à Água”	171
Figura 64 – Folheto instrutivo da Plataforma “Amsterdã Sensível à Água”	172
Figura 65 – Região administrativa de Aix-Marselha-Provença, França.	178
Figura 66 – Tela do aplicativo <i>Marseille Infos Odeurs</i> sobre informações de odores.....	180
Figura 67 – Bacia Hidrográfica da Pampulha, Belo Horizonte.....	182
Figura 68 – <i>Masterplan</i> do Parque Linear Nossa Senhora da Piedade, Belo Horizonte.....	185
Figura 69 – Vistas da Calha vegetada e do espaço de lazer do Parque Linear Nossa Senhora da Piedade	185
Figura 70 – Bacias hidrográficas no município de Curitiba.....	189
Figura 71 – Proposta de implantação de passeio público permeável	194
Figura 72 – Área urbanizada de Curitiba, Paraná.....	195
Figura 73 – Configuração presumível dos mangues e lagoas do Rio de Janeiro em 1500 ...	197
Figura 74 – Localização da cidade do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Brasil	198
Figura 75 – Saco de São Diogo em cartografia do Rio de Janeiro em 1831	202
Figura 76 – Canal do Mangue e acesso à Avenida Francisco Bicalho.....	203
Figura 77 – Comportamento climático anual do Rio de Janeiro	207
Figura 78 – Registro das inundações de 1966 no Rio de Janeiro.....	209
Figura 79 – Macrorregiões de drenagem da cidade do Rio de Janeiro	212
Figura 80 – Tópicos da proposta de Gestão das Águas Pluviais para a Cidade do Rio de Janeiro	220
Figura 81 – Divisas marítimas da cidade do Rio de Janeiro	221
Figura 82 – Áreas de Planejamento (AP) da cidade do Rio de Janeiro.....	228
Figura 83 – Ilha do Governador	232

Figura 84 – Mapa digital da Ilha do Governador	232
Figura 85 – Relevo da Ilha do Governador	235
Figura 86 – Remanescentes da vegetação nativa da Ilha do Governador	236
Figura 87 – Consequências das enchentes e alagamentos na Ilha do Governador.....	240
Figura 88 – Intervenções do Programa Sena Limpa na praia da Guanabara, Ilha do Governador	242
Figura 89 – Intervenções do Programa Sena Limpa na praia da Bica, Ilha do Governador ..	243
Figura 90 – Cruzamentos das ruas Brigadeiro Newton Braga e Professor Silva Campos	244
Figura 91 – Proposta de solução sustentável para drenagem urbana	245
Figura 92 – Ativos potenciais do bairro dos Bancários, Ilha do Governador	247
Figura 93 – Ativos potenciais do bairro da Cacuia, Ilha do Governador	249
Figura 94 – Ativos potenciais do bairro do Cocotá, Ilha do Governador	251
Figura 95 – Ativos potenciais do bairro da Freguesia, Ilha do Governador	252
Figura 96 – Ativos potenciais do bairro do Galeão, Ilha do Governador.....	253
Figura 97 – Ativos potenciais do bairro do Jardim Carioca, Ilha do Governador.....	254
Figura 98 – Ativos potenciais do bairro do Jardim Guanabara, Ilha do Governador.....	255
Figura 99 – Ativos potenciais do bairro do Moneró, Ilha do Governador	256
Figura 100 – Ativos potenciais do bairro das Pitangueiras, Ilha do Governador.....	257
Figura 101 – Ativos potenciais do bairro da Portuguesa, Ilha do Governador	258
Figura 102 – Ativos potenciais do bairro da Praia da Bandeira, Ilha do Governador.....	259
Figura 103 – Ativos potenciais do bairro da Ribeira, Ilha do Governador	260
Figura 104 – Ativos potenciais do bairro do Tauá, Ilha do Governador	261
Figura 105 – Ativos potenciais do bairro do Zumbi, Ilha do Governador	262
Figura 106 – Mapa do potencial de uso da água da chuva da Ilha do Governador.....	266
Figura 107 – Localização da bacia do rio Jequiá na Ilha do Governador	267
Figura 108 – Hipsometria e características de ocupação da bacia do rio Jequiá.....	269
Figura 109 – Localização da Bacia de Captação Ilha das Enxadas no bairro Bancários	274
Figura 110 – Propostas de soluções sustentáveis para a Bacia de Captação Ilha das Enxadas	276
Figura 111 – Estratificação dos lotes na Bacia de Captação Ilha das Enxadas.....	277

Figura 112 – Proposta de alteração na estrutura organizacional da Fundação Rio-Águas, com a inclusão do Conselho Municipal de Drenagem Urbana da Cidade do Rio de Janeiro	290
Figura 113 – 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	291
Figura 114 – Estágios operacionais e possibilidades de risco de deslizamentos do Sistema Alerta Rio	296
Figura 115 – Dados georreferenciados disponíveis no Data-Rio	299
Figura 116 – Cadastramento do cidadão no aplicativo 1746 Rio	302
Figura 117 – Proposta de inclusão do serviço de informações sobre alagamentos no App 1746 Rio	303
Figura 118 – Proposta de inclusão do serviço de informações sobre desobstrução de bueiros no APP 1746 Rio	304
Figura 119 – Proposta de inclusão do serviço de informações sobre cheiro de esgotos no App 1746 Rio	304

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – População urbana e rural no mundo (1950-2050)	80
Gráfico 2 – Escoamento superficial antes e depois da urbanização	86
Gráfico 3 – Percepção da escassez de água em Joanesburgo, África do Sul.....	174

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação entre os objetivos específicos e as metodologias aplicadas em cada capítulo da tese	37
Quadro 2 – Periodização das eras históricas	58
Quadro 3 – Etapas de elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana	89
Quadro 4 – Exemplos da atuação da legislação municipal na gestão da drenagem urbana no Brasil	93
Quadro 5 – Panorama das capitais brasileiras e do Distrito Federal quanto ao PMSB.....	114
Quadro 6 – Metodologias internacionais de drenagem urbana de baixo impacto	118
Quadro 7 – Ativos ambientais em potencial na infraestrutura verde	123
Quadro 8 – Melhores práticas de gestão relacionadas ao contexto do planejamento e do uso e ocupação do solo	129
Quadro 9 – Programas de gestão de águas pluviais de Portland	133
Quadro 10 – Resumo das propostas da Estratégia da Cidade das Chuvas (Vancouver).....	149
Quadro 11 – Resumo das experiências australianas com a “Seca do Milênio”	152
Quadro 12 – Resumo de medidas incentivadas após a “Seca do Milênio” na Austrália	155
Quadro 13 – Diretrizes Potenciais da Trama Verde Azul (TVA) na RMBH	187
Quadro 14 – Ações estratégicas de recuperação dos rios urbanos de Curitiba	190
Quadro 15 – Síntese jurídica de medidas de controle ambiental não estruturais de Curitiba	191
Quadro 16 – Lista de Medidas de Controle na Fonte (MCs) do Plano Estadual de Drenagem	193
Quadro 17 – Planos urbanísticos da cidade do Rio de Janeiro.....	206
Quadro 18 – Definições de impactos causados pelas águas urbanas	207
Quadro 19 – Eventos decorrentes de chuvas históricas na cidade do Rio de Janeiro	208
Quadro 20 – Eventos de chuvas e deslizamentos de terra na cidade do Rio de Janeiro e região metropolitana a partir dos anos 1980	210
Quadro 21 – Concepção das alternativas para a adequação dos escoamentos na rede de macrodrenagem.....	216
Quadro 22 – Áreas de Planejamento (AP) da cidade do Rio de Janeiro	229

Quadro 23 – Matriz de decisão das regiões administrativas selecionadas na cidade do Rio de Janeiro	230
Quadro 24 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas dos Bancários.....	248
Quadro 25 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Cacuia	250
Quadro 26 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Cocotá	251
Quadro 27 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Freguesia.....	253
Quadro 28 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Galeão	254
Quadro 29 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Jardim Carioca	255
Quadro 30 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Jardim Guanabara	256
Quadro 31 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Moneró	257
Quadro 32 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas de Pitangueiras.....	258
Quadro 33 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Portuguesa.....	259
Quadro 34 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Praia da Bandeira	260
Quadro 35 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Ribeira	261
Quadro 36 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Tauá	262
Quadro 37 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Zumbi	263
Quadro 38 – Propostas de SbN e respectivas áreas de implantação na Bacia de Captação Ilha das Enxadas.....	275

Quadro 39 – Resumo dos Programas de Inclusão Social da cidade do Rio de Janeiro	285
Quadro 40 – Metas n.º 6 e n.º 11 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	292
Quadro 41 – Artigos da Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro que tratam do meio ambiente, do saneamento básico e dos corpos hídricos.....	307
Quadro 42 – Transição de abordagem tradicional para abordagem inovadora de gestão das águas pluviais em áreas públicas, propriedades privadas e bacias hidrográficas urbanas	315

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficientes de chuvas intensas IDF	51
Tabela 2 – Coeficiente de escoamento superficial por tipologia de área de drenagem	51
Tabela 3 – Análise censitária da Ilha do Governador por bairros	237
Tabela 4 – Estimativa de cálculo de C_{AIDC} ponderado para a Bacia de Captação Ilha das Enxadas.....	278
Tabela 5 – Intensidade pluviométrica média (i_m) conforme o tempo de recorrência (T_r) da estação pluviométrica do Irajá.....	279
Tabela 6 – Vazão de Pico (Q_n) da Bacia de Captação Ilha das Enxadas conforme o tempo de recorrência (T_r).....	279
Tabela 7 – Coeficientes de escoamento superficial.....	280
Tabela 8 – Estimativa de cálculo de C_{DET} após a implementação de técnicas sustentáveis de drenagem na Bacia de Captação Ilha das Enxadas.....	281
Tabela 9 – Vazão de Pico (Q_n) da Bacia de Captação Ilha das Enxadas conforme o tempo de recorrência (T_r).....	282
Tabela 10 – Redução percentual da vazão de pico na Bacia de Captação Ilha das Enxadas antes e depois da aplicação hipotética de técnicas sustentáveis de drenagem.....	282

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo
ABC	<i>Waters Programme Active, Beautiful and Clean Singapore</i>
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
AGENERSA	Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro.
AIDC	Área impermeabilizada diretamente conectada
AMP	<i>Métropole Aix-Marseille-Provence</i>
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
AP	Áreas de Planejamento
APA	Área de Proteção Ambiental
APARU	Área de Proteção Ambiental e Recuperação Urbana
APP	Área de Preservação Permanente
AV	Área Verde
BBS	<i>Bulletins Board Systems</i>
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BGI	<i>Blue Green Infrastructure</i>
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BME	Banco Multidimensional de Estatísticas
BMP	<i>Best Management Practices</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BNH	Banco Nacional da Habitação
BPM	Batalhão de Polícia Militar
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
CADES	Conselho Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEA	Centro de Educação Ambiental
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
CERHi-RJ	Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro

CET-Rio	Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro
CF88	Constituição Federal de 1988
CMBH	Colar Metropolitano de Belo Horizonte
CMMAD	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CN	<i>Curve Number</i>
Col.	Coluna
COMLURB	Companhia Municipal de Limpeza Urbana
COMPUR	Conselho Municipal de Política Urbana
COR	Centro de Operações Rio
COVID-19	<i>Corona Virus Disease 2019</i>
CTAP	Conferências Territoriais de Ação Pública
d.C.	Depois de Cristo
DDUBI	Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto
DEAMB	Doutorado em Engenharia Ambiental
DESMA	Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente
DMAPU	Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
DRENURBS	Programa de Recuperação Ambiental de Belo Horizonte
EBC	Empresa Brasileira de Comunicação
ENSP	Escola Nacional de Saúde Pública
ERIC	<i>Education Resources Information Center</i>
EUA	Estados Unidos da América
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
FECAM	Fundo Estadual de Conservação Ambiental e Desenvolvimento Urbano
FEN	Faculdade de Engenharia
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
FOSS	<i>Free and Open Source Software</i>
FPIC	Funções Públicas de Interesse Comum
FPJ	Fundação Parques e Jardins
GAL	Grupos de Apoio Local
GBM	Grupamento de Bombeiro Militar
GDAL	<i>Geospatial Data Abstraction Library</i>

GEO-RIO	Fundação Instituto Geotécnica do Rio de Janeiro
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GPL	Gerência de Planejamento Local
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GRI	<i>Green Rain Infrastructure</i>
hab.	Habitantes
IAB	Instituto de Arquitetos do Brasil
IAPB	Instituto de Aposentadoria e Pensões dos Bancários
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICICT	Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde
IDF	Intensidade-duração-frequência
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDS	Índice de Desenvolvimento Social
IDW	Inverso da Potência da Distância
IFF	Instituto Federal Fluminense
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IplanRio	Empresa de Municipal de Informática do Rio de Janeiro
IPP	Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos
IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
IQA	Índice de Qualidade das Águas
IRMP	<i>Integrated Rainwater Management Plan</i>
IVRS	<i>Integrated Vaal River System</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LID	<i>Low Impact Development</i>
LIUDD	<i>Low Impact Urban Design and Development</i>
MAPTAM	<i>Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Métropoles</i>
MCs	Medidas de Controle na Fonte
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MOI	Macrozona de Ocupação Incentivada
MZ-RMBH	Plano de Macrozoneamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte

NACs	Núcleos de Alerta de Chuvas
NbS	Nature-based Solutions
NASA	<i>North American Space Agency</i>
NRCS	<i>Natural Research Conservation Service</i>
OAI	<i>Open Archives Initiative</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC	Programa de Aceleração de Crescimento
PACA	<i>Provence, Alps et Côte d'Azur</i>
pág.	Página
PCRJ	Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro
PDD	Plano Diretor de Drenagem
PDDI-RMBH	Programa de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte
PDDU	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PDDUA	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental
PDDUS	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável
PDMAP	Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais
PDRH-BG	Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara
PEAMSS	Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento
PECRJ	Plano Estratégico da Cidade do Rio de Janeiro
PEPRJ	Plano Estratégico da Prefeitura do Rio de Janeiro
PEU	Projeto de Estruturação Urbana
PIB	Produto Interno Bruto
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMPSB	Plano Municipal Participativo de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico

PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PPEA	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
PPP	Parcerias Público Privadas
PROSAB	Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
PUB	<i>Public Utilities Board</i>
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações
QGIS	<i>Quantum Geographic Information System</i>
RCS	<i>Rain City Strategy</i>
RH	Região Hidrográfica
RIO URBE	Empresa Municipal de Urbanização
Rio-Águas	Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
SbN	Soluções baseadas na Natureza
SciELO	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
SCS	<i>Soil Conservation Service</i>
séc.	Século
SERAMM	<i>Service d'Assainissement Marseille Métropole</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SIURB	Sistema de Informações Urbanas
SIWA	<i>Stockholm Industry Water Award</i>
SIWI	<i>Stockholm International Water Institute</i>
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SME	Secretaria Municipal de Educação
SMF	Secretaria Municipal de Fazenda
SMH	Secretaria Municipal de Habitação
SMS	Secretaria Municipal de Saúde

SMU	Secretaria Municipal de Urbanismo
SNGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNS	Secretaria Nacional de Saneamento
SPAC	<i>Stormwater Policy Advisory Committee</i>
SPELL	<i>Scientific Periodicals Electronic Library</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SRC	Sistema de Referência de Coordenadas
SuDS	<i>Sustainable Drainage Systems</i>
SUS	Sistema Único de Saúde
SWITCH	<i>Sustainable Water Management Improves Tomorrow's Cities' Health</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TVA	Trama Verde e Azul
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UNESCO	<i>The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNISDR	<i>United Nations International Strategy for Disaster Reduction</i>
WSUD	<i>Water Sensitive Urban Design</i>
ZR	Zona Residencial

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
>	Maior que
≤	Menor ou igual que
©	<i>Copyright</i>
®	Marca registrada
°C	Grau Celsius
A	Área da bacia
A _{IDC}	Área correspondente ao total impermeabilizado diretamente conectado
C	Escoamento superficial
C _{AIDC}	Coefficiente de escoamento superficial da área impermeabilizada diretamente conectada
C _{DET}	Coefficiente de escoamento pelas características detalhadas da superfície
CO ₂	Dióxido de Carbono
C _{pond}	Coefficiente de escoamento ponderado
f	Coefficiente de deflúvio de Fantoli
h	Hora
ha	Hectare
i _m	Intensidade pluviométrica média (mm/h)
km	Quilômetro
km ²	Quilômetro quadrado
L	Litro
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
mRL	<i>Meters of Reduced Level</i>
n	Coefficiente de distribuição
n ^o	Número
Q _n	Vazão de pico (deflúvio) (m ³ /s)
s	Segundo

t	Tempo de duração máxima da chuva (min)
T_r	Tempo de recorrência
US\$	Dólar americano

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	30
Contextualização	30
Objetivo geral	32
Objetivos específicos	32
Justificativa e relevância	33
ABORDAGEM METODOLÓGICA	35
A linha de pesquisa	35
A estrutura bibliográfica	38
A nuvem de palavras	41
A pedagogia da viagem	42
O recorte espacial	44
A identificação dos ativos potenciais ambientais e o mapeamento digital	46
Estrutura organizacional da tese	55
PARTE I – DRENAGEM E URBANIZAÇÃO	57
1. A HISTÓRIA DA DRENAGEM	58
1.1. Da antiguidade ao Império Romano	58
1.2. Lusitânia – uma província romana (45 a.C. – 411 d.C.)	61
1.3. Da queda do Império Romano até o final do Século XIX	66
1.4. O Reino de Portugal e as grandes navegações	69
1.5. Rio de Janeiro – A capital de Portugal	71
1.6. A evolução da drenagem urbana no Brasil	73
2. A URBANIZAÇÃO	80
2.1. O planejamento urbano no Brasil	81
2.2. Os impactos da urbanização sobre a drenagem	84
2.3. A integração entre o planejamento e a drenagem urbana no Brasil	87
2.4. O marco legal do planejamento e da drenagem urbana no Brasil	92
PARTE II – GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS	96
3. A GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	97
3.1. A gestão das águas pluviais no Brasil	97

3.2.	A Lei das Águas e a Política Federal de Saneamento Básico	99
3.3.	O controle social na governança local das águas pluviais.....	101
3.4.	A situação da Política Municipal de Saneamento Básico no Brasil	104
4.	MODELOS DE GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	115
4.1.	Drenagem sustentável – a mudança de foco.....	116
4.2.	Metodologias de drenagem urbana de baixo impacto ambiental.....	117
4.3.	Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto.....	120
4.4.	Dispositivos verdes de controle das águas das chuvas	123
4.5.	Cidades Sustentáveis – o desafio da gestão das águas urbanas.....	127
4.5.1.	Portland – EUA.....	133
4.5.2.	Los Angeles – EUA	139
4.5.3.	Seattle – EUA	143
4.5.4.	Vancouver – Canadá	145
4.5.5.	Adelaide, Brisbane, Melbourne, Perth e Sydney – Austrália	151
4.5.6.	Auckland – Nova Zelândia	156
4.5.7.	Singapura	158
4.5.8.	Seul – Coreia do Sul	163
4.5.9.	Amsterdã – Países Baixos	166
4.5.10.	Joanesburgo e Durban – África do Sul.....	173
4.5.11.	Marselha-Provença – França	177
4.5.12.	Belo Horizonte – Brasil	181
4.5.13.	Curitiba – Brasil	188
	PARTE III – A CIDADE DO RIO DE JANEIRO	196
5.	O RIO DE JANEIRO	197
5.1.	Caracterização Geral	197
5.2.	A história da drenagem e dos planos urbanísticos do Rio de Janeiro	200
5.3.	As grandes chuvas	207
5.4.	As macrorregiões de drenagem do Rio de Janeiro.....	212
5.5.	Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais (PDMAP)	213
5.6.	O Rio Resiliente – chuvas fortes.....	216
6.	PROPOSTA DE MODELO DE GESTÃO PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO	219

6.1.	O recorte geográfico – a Ilha do Governador	228
6.1.1.	Caracterização da área de estudo	231
6.1.2.	Os alagamentos da Ilha do Governador	239
6.1.3.	A infraestrutura de drenagem da Ilha do Governador	241
6.2.	Ativos Potenciais	244
6.2.1.	Bancários	247
6.2.2.	Cacuaia	249
6.2.3.	Cocotá	251
6.2.4.	Freguesia	252
6.2.5.	Galeão	253
6.2.6.	Jardim Carioca	254
6.2.7.	Jardim Guanabara	255
6.2.8.	Moneró	256
6.2.9.	Pitangueiras	257
6.2.10.	Portuguesa	258
6.2.11.	Praia da Bandeira	259
6.2.12.	Ribeira	260
6.2.13.	Tauá	261
6.2.14.	Zumbi	262
6.2.15.	Uso potencial das águas das chuvas	264
6.2.16.	Bacia hidrográfica do rio Jequiá	267
6.2.17.	Modelo hipotético da aplicação de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais em uma bacia de captação na Ilha do Governador	272
6.3.	Governança local	283
6.3.1.	Inclusão social	283
6.3.2.	Proposta de um Conselho Municipal de Drenagem Urbana	286
6.3.3.	Visão Rio 500 e o Planejamento Estratégico	290
6.4.	Monitoramento Remoto	295
6.4.1.	Geoprocessamento e Sistema de Informação Geográfica (SIG)	297
6.4.2.	A importância da TIC para a ampliação da participação da sociedade civil	300
6.5.	Adequação jurídica	305
6.5.1.	A legislação urbano-ambiental vigente	305

6.5.2. Proposta de aprovação do PEU da Ilha do Governador.....	308
6.5.3. O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável 2021.....	311
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	317
REFERÊNCIAS	323
APÊNDICE A – Descrição dos membros representantes e dos objetivos dos órgãos de apoio à presidência da Fundação Rio-Águas	347
APÊNDICE B – Resumo das áreas de implantação de propostas de gestão de águas pluviais, em metros quadrados (m²), sob o conceito de desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto, por bairros da Ilha do Governador	349
APÊNDICE C – Resumo das propostas sob o conceito de desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto para os bairros da Ilha do Governador	350
APÊNDICE D – Do Império Romano ao Rio de Janeiro: a sociedade e os modelos de gestão das águas.....	355
APÊNDICE E – O controle social e a gestão das águas pluviais no Brasil	371

INTRODUÇÃO

Contextualização

Nas últimas décadas, os conflitos de competência na gestão dos recursos hídricos do Brasil trouxeram um grande prejuízo na elaboração de políticas públicas nacionais, regionais ou locais, acerca do gerenciamento das águas. Isto se deveu ao fato de o conjunto de normas vigentes não estabelecerem, de uma forma explícita, as áreas de atuação (geográficas e políticas) de cada ente da federação.

Este cenário começou a se modificar a partir da regulamentação impositiva de determinados setores econômicos – o setor energético, em especial – de modo a permitir um novo entendimento sobre as águas, que deixam de ser geridas como um recurso natural ilimitado e se transformam em um bem público, cuja responsabilidade de regulação competia ao governo central.

A dinâmica de amadurecimento desta percepção sobre o gerenciamento das águas está diretamente ligada às questões históricas, configurando uma verdadeira linha de espaço-tempo capaz de demonstrar a influência das sociedades antigas nos modelos de gestão em territórios conquistados, bem como verificar que esse comportamento se replica até os dias de hoje.

Em se tratando das águas pluviais, os municípios brasileiros têm pautado as suas agendas, basicamente, no controle de enchentes urbanas, priorizando a execução de projetos de engenharia de infraestrutura de drenagem, ampliação e manutenção de sistemas existentes ou em ações emergenciais, em detrimento à busca de novos modelos de gestão não convencionais como alternativa.

Apesar de avanços conceituais nos modelos de gestão local das águas pluviais nas cidades brasileiras, ainda não se contempla a implantação do uso prioritário do conceito de Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto¹ (LIUDD) e de Soluções baseadas na Natureza (SbN) em projetos de drenagem urbana, o que permitiria uma efetiva adesão ao

¹ Traduzido do inglês: “*Low Impact Urban Design and Development*”. Alguns autores optam por utilizarem a abreviatura em português “DDUBI”.

estabelecido na Política Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e na Política Federal de Saneamento Básico.

Muitos países, como os Estados Unidos, Canadá, Austrália, têm optado por práticas sustentáveis e modelos de gestão das águas pluviais não tradicionais, e apresentado uma performance ambiental bastante satisfatória, experimentando redução da geração de poluentes e de sedimentos, manutenção de áreas vegetadas (áreas verdes) e diminuição da impermeabilização do solo, além de proporcionarem melhoria no *habitat* em regiões estuarinas, na biodiversidade e no microclima local, bem como trazerem benefícios econômicos e sociais.

A dimensão ambiental sobre as questões de drenagem urbana superou o enfoque exclusivamente sanitário do passado e passou a incluir questões como: a requalificação dos espaços públicos, o controle do uso e ocupação do solo e a manutenção de espaços livres, e a considerar a necessidade de proteção dos elementos naturais de paisagem e da participação democrática na administração do bem comum.

Os municípios devem resgatar as suas atribuições enquanto agentes de políticas locais, e melhorar as peças legislativas existentes e criar outras novas, capazes de credenciá-los na elaboração de agendas – urbanas e ambientais – que priorizem uma gestão sustentável das águas pluviais e a inclusão social como instrumento de gestão.

Neste contexto, buscou-se apresentar uma proposta de gestão das águas pluviais para uma cidade que representasse um modelo histórico para o Brasil, e que pudesse ser replicada para outras cidades com características geomorfológicas ou socioambientais semelhantes. A cidade do Rio de Janeiro foi selecionada como elemento de análise devido a sua representatividade histórica, além da cultura, arte, política, economia, arquitetura, urbanismo e engenharia, bem como pela sua exuberância natural.

Apesar de toda a transformação na linha de espaço-tempo, a cidade do Rio de Janeiro não deixou de ser um cenário de grandes dificuldades na gestão das águas pluviais, tendo em vista os problemas de enchentes e inundações em eventos de chuvas intensas, que se perpetuam pela cidade, bem como o aumento da impermeabilização do solo e redução da capacidade de infiltração da água no solo, motivados pelo acelerado processo de urbanização.

Diante disso, tem-se como questão de pesquisa: modelos não tradicionais de drenagem urbana, sob o conceito de LIUDD e SbN, podem ser considerados uma estratégia pertinente para a gestão sustentável de águas pluviais na cidade do Rio de Janeiro?

Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é propor um modelo conceitual de governança local de águas pluviais para a cidade do Rio de Janeiro, baseado no desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto, e alinhado às Políticas Nacionais de Saneamento Básico e de Recursos Hídricos.

Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Avaliar o processo histórico do saneamento desde os sistemas primitivos de drenagem das águas e a influência do Império Romano na Europa, em especial em Portugal, cujo modelo serviu de inspiração para a cidade do Rio de Janeiro, e conseqüentemente para o restante do Brasil;
- Analisar o desenvolvimento do planejamento urbano no Brasil, com uma avaliação dos impactos gerados pela urbanização, bem como o processo de integração entre o planejamento e a drenagem, sob a ótica histórica do arcabouço legal vigente;
- Situar a gestão das águas pluviais no Brasil, de modo relacionado à legislação e a demanda de agendas urbanas e ambientais, a fim de mostrar a situação da Política Municipal de Saneamento Básico no país, e a participação social na governança local;
- Apresentar os modelos de gestão das águas pluviais de cidades sustentáveis no Brasil e no exterior, sob o conceito internacional de Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto; e
- Propor um modelo de gestão das águas pluviais para a cidade do Rio de Janeiro, levando-se em conta: o recorte geográfico selecionado, os ativos potenciais

identificados, o exercício de governança local, o monitoramento remoto e a adequação jurídica.

Justificativa e relevância

A gestão das águas pluviais vem sendo tratada no Brasil sob os conceitos da engenharia hidráulica e de drenagem, por meio da implantação de projetos de infraestrutura no manejo das águas das chuvas e na minimização de impactos de enchentes urbanas. Observa-se pouca proposição de modelos não convencionais, que privilegiem o desenho e o desenvolvimento urbano de baixo impacto ambiental.

As citações em estudos científicos publicados pelas universidades brasileiras, que vislumbram questões sobre a gestão das águas pluviais, apresentam-se em número reduzido; o que justifica esta tese de doutoramento como relevância científica, embora o tema não seja completamente esgotado por este único estudo. Este trabalho contribui, portanto, para futuras pesquisas complementares sobre modelos de gestão das águas pluviais não convencionais.

Além da insuficiência de material teórico acerca do tema, verifica-se que a legislação municipal aplicada às questões urbanísticas e ambientais dá mais atenção às possibilidades, proibições, limites e permissões; dedicando-se ao “o que se pode” ou “o que não se pode fazer” e, raramente normatiza o “como fazer”, de modo que as leis sejam interpretadas ou alteradas de maneira prejudicial à qualidade de vida urbana.

Os municípios brasileiros precisam ampliar a sua atuação na gestão das águas urbanas, com alternativas de baixo custo, de baixo impacto, inclusão social e de gestão sustentável, capaz de integrar as agendas urbanas e ambientais em um mesmo cenário, e com foco sobre a drenagem urbana de “problema” para “oportunidade”.

A seleção da cidade do Rio de Janeiro para estudo se deve a sua importância histórica no Brasil, já que serviu de modelo para as questões políticas nacionais, além da sua exuberância natural e importância ambiental. Além disso, a cidade apresenta avanços na aplicação da Lei do Saneamento, por conta da elaboração do seu Plano Municipal de Saneamento Básico.

Com este trabalho, busca-se ampliar o número de alternativas de modelos de gestão das águas pluviais a fim de atender à crescente demanda das cidades brasileiras ou estrangeiras, que

façam a opção por um sistema sustentável de gestão; e que possam se basear nas diretrizes indicadas pela Lei do Saneamento do Brasil.

Desta forma, a relevância social deste projeto de tese de doutoramento se evidencia diante da possibilidade de ampliação de escolhas de modelos de gestão das águas pluviais, capazes de direcionar políticas públicas emancipatórias e indutoras da melhoria da qualidade de vida da sociedade, bem como do desenvolvimento como liberdade (SEN, 2010).

ABORDAGEM METODOLÓGICA

Diante da reduzida produção acadêmica no tocante à gestão das águas pluviais e do tema proposto nesta tese de doutoramento, torna-se necessário apresentar uma abordagem metodológica baseada no conceito da transdisciplinaridade, que consiga atingir a realidade multidimensional de diferentes níveis de percepção e uma atitude de tolerância em relação às diferentes áreas do conhecimento.

A linha de pesquisa

A Figura 1 representa a materialização da proposta de linha de pesquisa desta tese, cujo tema principal é desenvolvido basicamente sob dois conceitos fundamentais: o do “comportamento relacional”, proposto por Enrique Leff; e o do “modelo de globalização das agendas”, discutido por Henri Acselrad, ambos mantendo como questão de fundo o conceito de “ecodesenvolvimento”, amplamente difundido por Ignacy Sachs (CAVALCANTI, 1994).

Figura 1 – Proposta de linha de pesquisa sob os conceitos de Leff, Acselrad e Sachs



Fonte: O autor, 2020.

O conceito de “ecodesenvolvimento” surgiu durante os anos 70, por conta da polêmica gerada na I Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo. Naquele momento, havia uma discussão filosófica entre aqueles que defendiam o desenvolvimento a

qualquer preço, mesmo pondo em risco a própria natureza; e os partidários das questões ambientais. O termo foi proposto por Maurice Strong e, em seguida, ampliado pelo ecossocioeconomista² Ignacy Sachs, que, além da preocupação com o meio ambiente, incorporou as devidas atenções às questões sociais, econômicas, culturais, de gestão participativa e ética.

Em 1987, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), presidida pela então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, adotou o conceito de “desenvolvimento sustentável” em seu relatório intitulado *Our Common Future*, também conhecido como Relatório Brundtland, definitivamente incorporado como um princípio em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – a Cúpula da Terra – no Rio de Janeiro.

Embora os conceitos de “ecodesenvolvimento” e de “desenvolvimento sustentável” apresentem inúmeras semelhanças, como afirma o próprio Sachs; pretende-se manter o conceito de “ecodesenvolvimento” como questão de fundo, já que está associado à adoção de um modelo único de gestão, que tem como referência pelo menos duas tendências contemporâneas: a urbana e a ambiental – o chamado “modelo de globalização das agendas”, conforme propõe Acselrad (2001).

Apesar de ter recebido diversas críticas – por não definir “quais” e “de quem” são as necessidades atuais e futuras diante de uma civilização excludente – o conceito de “ecodesenvolvimento” é capaz de promover uma articulação bem-sucedida e interdependente entre as cinco dimensões da sustentabilidade que se interpenetram, a saber: dimensão social, econômica, ecológica, espacial ou geográfica e cultural.

A metodologia comparativa entre os modelos de gestão apresentados para este estudo permite a demonstração da teoria do “comportamento relacional” entre as diferentes cidades, a partir da verificação da relação entre as partes; entre o todo e a parte; e entre o sistema e outros sistemas, conforme instrui Leff. Além disso, observa-se os ganhos ecológicos quando da

² Termo cunhado por Karl William Kapp (1910-1976) para designar o sociólogo e economista Ignacy Sachs, autor de mais de vinte obras sobre o desenvolvimento e o meio ambiente (UFMG, 2008).

aplicação de novos modelos de gestão das águas pluviais, e o desenvolvimento de uma nova consciência ambiental coletiva sob um novo conceito de desenvolvimento.

Com base nesta linha de pesquisa, buscou-se construir uma abordagem metodológica a partir da relação entre os objetivos específicos e as respectivas metodologias aplicadas em cada capítulo da tese, devidamente distribuídas nas Partes I, II e III e ordenadamente organizadas do Capítulo 1 ao Capítulo 6, conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Relação entre os objetivos específicos e as metodologias aplicadas em cada capítulo da tese

Parte	Cap.	Objetivo Específico	Metodologia
I	1	Avaliar o processo histórico do saneamento desde os sistemas primitivos de drenagem das águas e a influência do Império Romano na Europa, em especial em Portugal, cujo modelo serviu de inspiração para a cidade do Rio de Janeiro, e consequentemente para o restante do Brasil.	Busca booleana (FERNEDA, 2003) Tratamento da informação (BLATTMANN e TRISTÃO, 1999) Pedagogia da viagem (RESENDE e ROCHA, 2018) e (SOBRINHO, 2021)
	2	Analisar o desenvolvimento do planejamento urbano no Brasil, com uma avaliação dos impactos gerados pela urbanização, bem como o processo de integração entre o planejamento e a drenagem, sob a ótica histórica do arcabouço legal vigente.	Pesquisa bibliográfica (MUELLER, 2006) Revisão de literatura (PINHEIRO, 2003) Pesquisa exploratória (CLAUSEN, 1997) Tratamento da informação (CARVALHO, 2010)
II	3	Situar a gestão das águas pluviais no Brasil, de modo relacionado à legislação e a demanda de agendas urbanas e ambientais, a fim de mostrar a situação da Política Municipal de Saneamento Básico no país, e a participação social na governança local.	Pesquisa bibliográfica (MUELLER, 2006) Revisão de literatura (ANDRADE, 2014) Pesquisa exploratória (CLAUSEN, 1997) Tratamento da informação (ALVES DA SILVA <i>et al.</i> , 2015)
	4	Apresentar os modelos de gestão das águas pluviais de cidades sustentáveis no Brasil e no exterior, sob o conceito internacional de Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto.	Nuvem de palavras (WORDLE, 2020) e (VILELA <i>et al.</i> , 2020) Mapas digitais (GOOGLE MAPS, 2021), (WAZE, 2021) e (ESRI, 2021)
III	5	Propor um modelo de gestão das águas pluviais para a cidade do Rio de Janeiro, levando-se em conta: o recorte geográfico selecionado, os ativos potenciais identificados, o exercício de governança local, o monitoramento remoto e a adequação jurídica.	Levantamento fotográfico (EBC, 2016) Levantamento cartográfico (BIBLIOTECA NACIONAL, 2020), (RIO DE JANEIRO, 2020) e (DATA.RIO, 2021)
	6		Matriz de decisão (VIEIRA, 1999) e (MELO, 2016) Levantamento fotográfico (RIO DE JANEIRO, 2021) Elaboração de mapas (QGIS, 2021) Cálculo de vazão (GAROTTI e BASBASSA, 2010)

Fonte: O autor, 2022.

A estrutura bibliográfica

Com o objetivo de construir uma bibliografia sobre o objeto de estudo desta tese, optou-se, inicialmente, pela busca de trabalhos e artigos científicos, nacionais e internacionais – teses de doutorado e dissertações de mestrado, publicados em livros, em periódicos científicos (impressos e eletrônicos) e em resumos de congressos – que possuíssem afinidade com a abordagem específica proposta.

A estrutura bibliográfica se deu a partir da pesquisa exploratória inicial, com um recorte temporal entre 2010 e 2020, seguida de uma pesquisa bibliográfica e revisão de literatura, que geraram dados e informações, posteriormente tratadas com auxílio do *software* NVivo® e, finalmente, interpretadas com o apoio dos conceitos de busca booleana, de pedagogia da viagem e de nuvem de palavras.

A pesquisa exploratória inicial se deu por meio de conteúdos digitais, já que fazem cada dia mais parte do processo de levantamento de dados e informações. Segundo Clausen (1997), a investigação do tema de maneira científica com o uso da internet proporciona:

- maior abrangência do potencial do mercado de usuários;
- custos reduzidos e velocidade de comunicação com inúmeras bases de dados;
- baixos custos de telecomunicação para sites de vendedor;
- serviço de atendimento de informações através do correio eletrônico ou por *Bulletins Board Systems* (BBS);
- acesso internacional;
- melhora nas opções de entrega de documentos; e
- facilidades na publicação primária e nas pesquisas de texto integral.

A utilização da internet no desenvolvimento e na comunicação das pesquisas só se tornou possível com uma mudança do paradigma na comunicação científica, com uma série de ações e políticas que constituíram o movimento de acesso livre. De acordo com Mueller (2006), a tecnologia eletrônica possibilitou o aumento de interatividade dos usuários com o computador

e de cooperação nas atividades científicas à distância, bem como velocidade na publicação dos resultados de pesquisas.

Os portais pesquisados são base de periódicos eletrônicos de acesso livre³ ao conhecimento produzido na área da ciência da engenharia, engenharia civil, engenharia sanitária, engenharia ambiental e afins; e em portais específicos para pesquisas acadêmicas com arquivos ou acesso aberto, como: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), *Education Resources Information Center* (ERIC), *Google Books*, *Google Scholar*, *Jurn*, Portal Periódicos CAPES, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Scirus*, *Scientific Periodicals Electronic Library* (SPELL) e *The British Library*.

Outras fontes de pesquisa confiáveis que serviram de banco de dados para esta tese foram os arquivos eletrônicos: dos governos Federal, Estadual e Municipal, do Banco Mundial, da UNESCO, da OCDE, entre outros.

O método escolhido para o levantamento dos dados digitais seguiu o conceito de busca orientada pela Lógica de Boole (busca booleana), que trata de um tipo de sistema de recuperação da informação, no qual se combinam dois ou mais termos, de modo relacionado aos operadores lógicos, e que tornam a busca mais restrita ou detalhada (CARVALHO, 2010).

Segundo Ferneda (2003), o modelo de busca booleana pode ser considerado o modelo mais utilizado hoje em dia, tanto nos sistemas de recuperação de informação, quanto nos mecanismos de busca da *web*.

Desta forma, o resultado preliminar da busca booleana, segundo o critério de credibilidade descrito por Blattmann e Tristão (1999), foi obtido pelo uso dos operadores “*quotes*”, “*and*”, “*or*” e “*not*” (“aspas”, “e”, “ou” e “não” em português, respectivamente), para limitar, esconder ou definir a pesquisa, e pela combinação das palavras-chave em língua portuguesa, inglesa e francesa, a saber:

- Águas pluviais (*Rainwater/Eaux de pluie*);
- Águas pluviais urbanas (*Urban Rainwater/Eaux de pluie urbaine*);

³ Esta terminologia possui características distintas no que se refere à disponibilidade na internet. Apesar de alguns equívocos em relação ao *Open Archives Initiative* (OAI), “acesso livre” está relacionado aos arquivos disponíveis para cópia, *download*, impressão e criação de *links*; enquanto “acesso aberto” ou “arquivo aberto” remete a ideia de um acesso em que se pode pesquisar, mas para baixar o documento é necessário pagar (ANDRADE, 2014).

- Drenagem urbana (*Urban drainage/Drainage urbaine*);
- Drenagem urbana sustentável (*Sustainable urban drainage/Eaux de drainage durable*);
- Governança local (*Local Governance/Gouvernance locale*);
- Governança das águas (*Water governance/Gouvernance des eaux*);
- Governança das águas pluviais (*Rainwater governance/Gouvernance des eaux de pluie*);
- Governança das águas urbanas (*Urban water governance/Gouvernance des eaux urbaines*);
- Controle social (*Social control/Contrôle social*);
- Gestão participativa (*Participatory management/Gestion participative*);
- Controle social nas águas pluviais (*Rainwater social control/Contrôle social des eaux de pluie*);
- Controle social nas águas urbanas (*Urban waters social control/Contrôle social des eaux urbaines*);
- Planejamento urbano (*Urban planning/Planification urbain*);
- Qualidade das águas (*Water quality/Qualité des eaux*);
- Qualidade das águas pluviais (*Rainwater quality/Qualité des eaux de pluie*); e
- Qualidade das águas urbanas (*Urban waters quality/Qualité des eaux urbaines*).

Observou-se que, quanto mais o recorte do tema “águas pluviais” buscava uma interpretação vinculada às questões de “governança local” e “sustentabilidade”, ocorria maior escassez na disponibilidade de trabalhos e artigos acadêmicos. Este cenário tornou-se mais restritivo ainda, quando o tema da busca foi vinculado aos conceitos de “controle social”, “gestão participativa”, “qualidade das águas pluviais”, “qualidade das águas urbanas”, e “governança das águas pluviais” e “governança das águas urbanas”.

Pode-se perceber que o número de estudos científicos publicados pelas universidades brasileiras, na área da “gestão de águas pluviais” e vinculados ao “controle social” ou a “governança das águas pluviais/urbanas”, estão em número reduzido.

O uso de programas de análise de dados viabiliza a codificação e categorização de uma enorme quantidade de informações, visto que suas funcionalidades variam desde análises simples, como estatística descritiva e contagem de palavras, até procedimentos mais complexos, como elaboração de mapas de conexão e a estimação de modelos de séries temporais (ALVES DA SILVA *et al.*, 2015).

Após o levantamento das informações na *web*, o *software* NVivo® (versão 11) foi escolhido para dar suporte aos métodos qualitativos da pesquisa bibliográfica, permitindo organizar, analisar e encontrar informações distribuídas no conjunto de dados não estruturados do material coletado.

Cabe ressaltar que o uso do *software* é um facilitador no processo analítico dos dados, já que permite importar ideias, textos, imagens, áudios e vídeos; porém não substitui a responsabilidade do pesquisador na interpretação substantiva dos resultados.

A nuvem de palavras

No Capítulo 4 desta tese, a seleção das cidades sustentáveis, que serviram de modelo de gestão de águas pluviais, foi realizada com uma ferramenta do *software* NVivo®, que permitiu uma abordagem quantitativa e qualitativa, por meio da análise de conteúdo, na modalidade temática, associada à técnica de frequência de palavras no processamento dos dados qualitativos.

Apesar de ainda pouco utilizada na engenharia, esta ferramenta – conhecida como “nuvem de palavras” – é uma representação gráfica do grau de frequência das palavras em um texto, ou conjunto de textos. De uma maneira geral, quanto mais uma palavra é utilizada no texto, mais chamativa – maior tamanho das fontes em diferentes cores – é a sua representação no gráfico, no intuito de indicar o que é mais, ou menos, relevante no contexto (VILELA *et al.*, 2020).

A versão do *software* NVivo® utilizada neste estudo era compatível com o *Windows* e permitiu a importação dos arquivos selecionados para a análise com a extensão para: textos (.doc, .docx, .txt e .pdf), dados (.xlsx e .xls), imagens (.png, .bmp, e .jpg), vídeos (.wmv) e áudio (.mp4) (WILTSHIER, 2011).

O *corpus* da pesquisa utilizada na criação da nuvem de palavras se originou dos textos extraídos da pesquisa bibliográfica temática, que foram submetidos a uma revisão geral para a correção de erros de digitação e ortográficos, a uniformização das siglas e das escritas com variações no singular e no plural.

O *software* permitiu a criação da nuvem de palavras a partir do acesso direto do *menu* “consulta” e da opção “frequência de palavras”. Na tela seguinte, foi possível selecionar, antes da execução da função, os parâmetros de ajuste necessários para a pesquisa direcionada, no intuito de limitar a busca pelas 50 (cinquenta) palavras exatas mais frequentes, evitando o aparecimento de algumas classes de palavras pouco significativas, como: artigos, preposições, pronomes, advérbios, conjunções, etc.

Na opção de “agrupamento de palavras”, optou-se pela correspondência de palavras derivadas, o que permitiu um agrupamento de palavras no singular e no plural, bem como outras formações derivadas. Por fim, foram realizadas exclusões de palavras pouco significativas, mas que ainda apareceram no resultado da busca, adicionando-as à lista de palavras impedidas, e executado o comando “*word cloud*” para a obtenção do resultado final: a nuvem de palavras, e que serviu como instrumento complementar de análise temática.

A pedagogia da viagem

A pedagogia da viagem é um instrumento metodológico que tem sido utilizado em diversas pesquisas e tem rompido com falsas idealizações ou conceitos pré-estabelecidos sobre a falsa impressão de que lugares midiaticizados não podem ser efetivamente sentidos quando visitados.

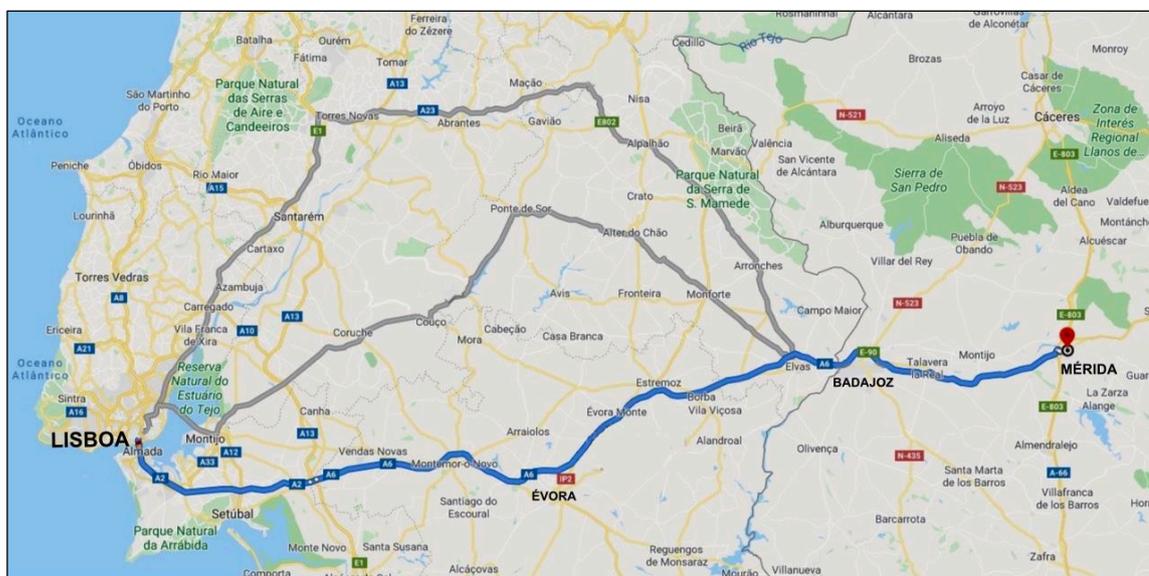
A contribuição desta metodologia reforça a preocupação em se contentar com imagens e informações já postuladas, especialmente em pesquisas na área de Arquitetura e Urbanismo, cujas intervenções necessitam de um olhar mais próximo e atento, principalmente na observação de mapas construídos de longe e de fora (RESENDE e ROCHA, 2018).

Segundo Sobrinho (2021), embora a tecnologia e virtualização sejam essenciais nas diversas fases de uma pesquisa, elas não substituem a experiência de se ultrapassar as fronteiras físicas e psicológicas promovidas por uma viagem ao local estudado. Na verdade, a pedagogia da viagem funciona como um instrumento que possibilita ao pesquisador sair da bolha do senso

comum, ou mesmo consenso de alguns autores, para então criar sua própria narrativa, próxima da essência dos acontecimentos.

Para uma investigação das intervenções em determinadas instalações e sistemas de águas pluviais, o autor realizou uma viagem internacional na região da antiga Lusitânia Romana (Portugal e Espanha) em 2019, percorrendo 288 km de carro entre a cidade de Mérida (antiga *Augusta Emerita*) e Lisboa (Figura 2), com o objetivo de realizar o levantamento fotográfico da região e de algumas instalações prediais, bem como um levantamento cartográfico a fim de complementar a pesquisa bibliográfica da primeira parte da tese, com informações provenientes de instituições de ensino e arquivos locais.

Figura 2 – Percurso entre Mérida (Espanha) e Lisboa (Portugal)



Fonte: Adaptado de *Google Maps* (2021).

O levantamento cartográfico teve especial foco nas instalações do antigo sistema de captação, reservação e distribuição de águas herdados do Império Romano, bem como nos registros históricos sobre a gestão das águas pluviais nas cidades de: Mérida (*Biblioteca Pública del Estado “Jesús Delgado Valhondo”* e *Museo Nacional de Arte Romano*), Badajoz (*Biblioteca Pública del Estado “Bartolomé J. Gallardo”*), Évora (*Biblioteca Pública de Évora*) e Lisboa (*Biblioteca Nacional de Lisboa* e *Biblioteca da Universidade de Lisboa*).

O recorte espacial

A construção do objetivo geral desta tese passou pelo levantamento e análise de dados de uma região geográfica extensa – a Cidade do Rio Janeiro – sob a influência dos municípios vizinhos, que caracterizam a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ).

A definição para o termo “cidade” é uma tarefa complexa, tendo em vista os diversos critérios que poderão ser adotados para se determinar o que é especificamente uma cidade, como: população, densidade, modelo de povoamento, importância histórica, mobilidade urbana, influência econômica, critérios estatísticos, etc. (SOARES, 2019).

De acordo com Pereira (2015), a diferença entre município e cidade fica estabelecida pela funcionabilidade dos espaços, a saber:

- cidade – é uma aglomeração de pessoas, que ocupam um determinado um perímetro urbano, e com serviços que atendem às necessidades básicas da população urbana; e
- município – engloba não apenas o perímetro urbano, mas territórios rurais, com administração pública, governo e jurisdição próprios, gerenciados pela prefeitura.

Balducci e Fedeli (2008) afirmam que, apesar de se viver em um mundo mais urbanizado, as cidades estão cada vez mais iguais, já que os seus traços gerais podem ser encontrados em toda a parte – o chamado “paradoxo urbano” – e, por outro lado, as cidades podem ser estudadas ou vistas como recortes peculiares, como lugares particulares e com papéis específicos.

Neste estudo, optou-se pela definição descrita por Soares (2019), utilizada por parte de organismos oficiais europeus e internacionais, e que sugere uma comparação estatística e a funcionabilidade dos espaços para identificar realidades semelhantes e, por fim, caracterizar uma determinada região como cidade.

Optou-se, assim, por selecionar uma determinada região da cidade do Rio de Janeiro para servir de proposta de aplicação do modelo conceitual de gestão das águas pluviais, tendo em vista a impossibilidade de tratar da área urbana por completo.

Este recorte espacial da cidade – a partir de agora tratado como recorte geográfico – teve como função a possibilidade da observação de características peculiares locais, e que pudessem ser replicadas para o restante da cidade ou para regiões semelhantes.

Entre as características locais de comparação, os seguintes parâmetros foram definidos como critérios de análise: relevo, hidrografia, densidade demográfica, densidade domiciliar, domicílios urbanizados e não urbanizados, número de favelas, contexto histórico, desenvolvimento econômico, Índice de Desenvolvimento Social (IDS)⁴ e a presença da administração pública.

As densidades demográficas e domiciliares utilizadas foram obtidas a partir da coleta de dados realizada no Censo Demográfico de 2010 pelo IBGE e nos dados vetoriais das restituições de imagens geradas em 1997, 2000 e 2013, e posteriormente ratificadas pela equipe técnica da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro em 2013 (RIO DE JANEIRO, 2016a).

Para fins de cálculo, as densidades das áreas urbanas foram mapeadas e construídas por meio de uma matriz de células com 1 (um) hectare de área cada, por quadras, setores censitários, bairros e classes de uso e ocupação do solo, a saber:

- densidade demográfica – razão entre o número total de habitantes e a área construída (edilícia) em um determinado trecho urbano; e
- densidade domiciliar – razão direta entre o número de habitantes e a quantidade de domicílios em uma determinada região (RIO DE JANEIRO, 2016a).

A seleção da área de estudo, para a definição do recorte geográfico, se deu em 2 (duas) etapas, a saber: (a) entre as Áreas de Planejamento (AP), com a escolha das 5 (cinco) regiões administrativas que mais representam as características gerais de urbanização da cidade do Rio de Janeiro; e (b) a partir de uma matriz de decisão, que permite cruzar dados e definir critérios de escolha entre as regiões previamente selecionadas.

Na primeira etapa, a definição das alternativas ocorreu de forma direta, e foram selecionadas as cinco regiões administrativas que mais se assemelhavam às características gerais da cidade do Rio de Janeiro, conforme os parâmetros de relevo, hidrografia, densidade demográfica e população.

Na segunda etapa, o método de análise escolhido para definir o recorte geográfico foi o da “matriz de decisão”, que consiste em definir e listar critérios de escolha, a fim de atribuir

⁴ O Índice de Desenvolvimento Social (IDS) da cidade do Rio de Janeiro é determinado com base no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) pré-estabelecido pela ONU (RIO DE JANEIRO, 2008).

valores ou pesos ao respectivo item, seguido da especificação (descrição) de cada alternativa disponível, de modo a resultar a confecção de um quadro, que permite o cruzamento dos dados e viabiliza a avaliação das áreas preliminarmente identificadas (MELO, 2016).

Segundo Vieira (1999), apesar de um certo índice de subjetividade, a “matriz de decisão” representa uma ferramenta de apoio relevante, capaz de estruturar e considerar inúmeros critérios de escolha, como: legais, econômicos, ambientais e sociais, de uma forma simples, direta e simultânea.

Sendo assim, procedeu-se a uma investigação com o objetivo de identificar uma região de estudo que melhor representasse o recorte geográfico da cidade do Rio de Janeiro, a partir de similaridades com sua diversidade física e administrativa, a fim de criar os critérios de comparação, de mesma natureza e realidade microurbana, e atribuir valores (pesos) às suas significâncias.

A “matriz de decisão” foi composta com informações com a seguinte distribuição: (a) na Coluna 1, a numeração e a identificação de cada região pré-escolhida; (b) na Coluna 2, a lista de características a serem valoradas de acordo com os pesos pré-definidos; (c) na Coluna 3, o peso de cada característica da região escolhida, pré-definido conforme os critérios de comparação; e (d) na Coluna 4, o resultado da soma dos pesos referente a cada região.

A atribuição de valores (pesos) aos critérios de comparação se deu de acordo com o nível de significância de cada item avaliado, em relação à similaridade com a cidade do Rio de Janeiro, a saber: peso 1 (um) para condições de pouca similaridade, peso 2 (dois) para condições de média similaridade, e peso 3 (três) para condições de alta similaridade.

A identificação dos ativos potenciais ambientais e o mapeamento digital

A infraestrutura verde pode ser definida como uma rede interconectada de áreas naturais e outros espaços abertos que conservam valores e funções do ecossistema natural, sustentam o ar e a água limpos, e proporcionam ampla gama de benefícios para as pessoas e para a vida selvagem (BENEDICT e MCMAHON, 2006).

Os ativos potenciais ambientais tratados no recorte geográfico desta tese foram inicialmente identificados de acordo com o conceito de infraestrutura verde desenvolvido por Benedict e McMahon (2006), a saber:

- terras públicas – áreas militares, porções de florestas, terras abandonadas e outros espaços livres;
- áreas sensíveis – encostas íngremes, áreas costeiras e áreas sujeitas a alagamento;
- áreas cultiváveis – destinadas à agricultura, silvicultura e à caça;
- áreas de lazer – campos de golfe, parques, ciclovias e trilhas;
- áreas privadas – parques industriais;
- zonas destinadas à passagem de serviços concessionários – adutoras e linhas de alta tensão;
- lugares abandonados ou subutilizados – aterros sanitários desativados e vazios urbanos;
- corredores de transporte – linhas férreas e autoestradas.

Segundo estudos da Agência Ambiental Europeia, o mecanismo de identificação dos ativos ambientais em potencial passou a incorporar, parcial ou integralmente, os dispositivos de controle das águas das chuvas ao LIUDD, e em diferentes escalas: local, regional, nacional ou transnacional (EEA, 2011).

Os ativos potenciais ambientais foram mapeados digitalmente em imagens de satélites, com o auxílio do *software* QGIS, e classificados conforme sugerido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, no documento “Usando Técnicas do Crescimento Inteligente como Melhores Práticas de Gestão das Águas Pluviais”⁵ (ANDRADE e BLUMENSCHNEIN, 2013).

O *software* gratuito QGIS é considerado uma das mais acessíveis geotecnologias de manipulação de dados espaciais disponíveis, baseado em um SIG profissional de *Software* Livre e de Código Aberto⁶, segundo a licença pública da *Open Source Geospatial Foundation*. De interface simples e de fácil manuseio, o QGIS disponibiliza diversas ferramentas de edição e análise de dados, possibilitando a composição de mapas digitais e a impressão de *screenshots* bem detalhados (QGIS, 2021).

⁵ Traduzido do inglês “*Using Smart Growth Techniques as Stormwater Best Management Practices*”.

⁶ Traduzido do inglês: “*Free and Open-Source Software (FOSS)*”.

Segundo Almeida (2011), o QGIS permite, também, consultas espaciais, exploração interativa de dados, identificação e seleção de geometrias, pesquisa, visualização e seleção de atributos e criação de simbologia vetorial e *raster*, suportando as bases de dados geográficas *PostGIS*, *SpatiaLite* e *SQL Anywhere*, bem como todos os formatos suportados pela biblioteca *Geospatial Data Abstraction Library* (GDAL).

A elaboração dos mapas desta tese teve como base digital as informações disponibilizadas no *site* DATA.RIO, bem como os projetos disponibilizados pela Secretaria Municipal de Urbanismo, Secretaria Municipal de Obras, Fundação Rio-Águas e CET-Rio. Outras fontes serviram de base para a elaboração dos mapas, como: Ministério do Meio Ambiente, IBGE, NASA, *Google Earth* e *Waze*.

As imagens ilustrativas elaboradas para a proposta de modelo de gestão dispostas no Capítulo 6 desta tese foram manipuladas com o auxílio do *software* QGIS, por meio da disponibilização de inúmeras ferramentas e do suporte de inúmeros formatos de vetores, *rasters* e bases de dados, disponibilizadas pela Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, o que permitiu visualizar, gerir, editar, analisar dados, bem como criar os mapas para impressão digital, seguindo as três etapas de elaboração de trabalhos: (i) coleta de dados espaciais e organização dos dados no computador; (ii) inserção de *shapefiles*, alterações no Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) e no estilo das camadas do QGIS; e (iii) elaboração do *layout* com todos os elementos fundamentais de um mapa.

O cálculo da vazão de pico (deflúvio)

O método racional foi escolhido para a determinação da vazão de pico de uma sub-bacia em função de uma chuva uniformemente distribuída no tempo e no espaço. Chamado, também, de método de Lloyd-Davies, na Inglaterra, o método racional considera que o tempo de duração da chuva de projeto é igual ao tempo de concentração, e que o tempo de retorno da precipitação é igual ao da vazão de pico, variando conforme um hidrograma triangular.

De uma maneira geral, o método racional se caracteriza pela simplicidade dos cálculos numéricos de quantificação, que considera o coeficiente de escoamento superficial (C) constante, e deve ser aplicado somente em bacias com área de drenagem inferior a 3 km², ou

quando o tempo de concentração seja inferior a uma hora, segundo a recomendação da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (SÃO PAULO, 1998).

Neste estudo, foram considerados os parâmetros recomendados pela Fundação Rio-Águas no caderno de instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de dispositivos de drenagem para o Município do Rio de Janeiro, aprovado pela Portaria O/SUB/RIO-ÁGUAS “N” n.º 004 de 2010 e revisado em julho de 2019.

O objetivo principal do caderno é “orientar, estabelecer parâmetros e diretrizes que deverão ser utilizados no dimensionamento, detalhamento e apresentação dos projetos e cadastros de obras de greide e de sistemas de micro e macrodrenagem no Município do Rio de Janeiro, buscando amparar técnica e legalmente as decisões dos projetistas e da fiscalização, segundo critérios preconizados pela Subsecretaria de Gestão de Bacias Hidrográficas” (RIO DE JANEIRO, 2019).

A modelagem hidrográfica aplicada pela Fundação Rio-Águas para a determinação das vazões de projeto é definida em função da área (A) da bacia hidrográfica analisada: (a) Método Racional Modificado (para $A \leq 100$ ha) ou (b) Método *U.S. Soil Conservation Service* (atual NRCS) (para $A > 100$ ha).

Desta forma, o cálculo da vazão de pico foi realizado conforme o método racional modificado com a inclusão do critério de Fantoli, determinado pela Equação 1.

$$Q = 0,00278 \cdot n \cdot i_m \cdot f \cdot A \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Q = deflúvio gerado (m³/s);

n = coeficiente de distribuição;

i_m = intensidade pluviométrica média (mm/h)

A = área da bacia (ha);

f = coeficiente de deflúvio de Fantoli

No método racional modificado, o coeficiente de distribuição “n” é definido a partir da área de drenagem da bacia (A), conforme os critérios:

- para $A \leq 1$ ha $\rightarrow n = 1$
- para $A > 1$ ha $\rightarrow n = A^{-0,15}$

O coeficiente de deflúvio de Fantoli foi determinado pela Equação 2.

$$f = m \cdot (i_m \cdot t)^{\frac{1}{3}}$$

Equação 2

Onde:

$m = 0,0725 \cdot C$;

i_m = intensidade da chuva (mm/h);

t = tempo de concentração (min); e

C = coeficiente de escoamento superficial

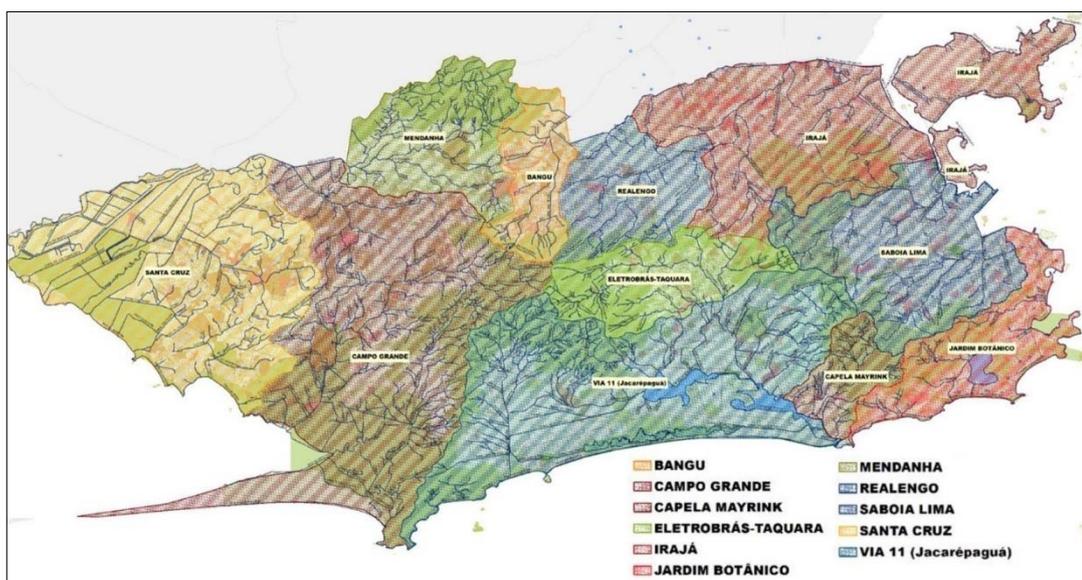
O escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial é determinado pelos principais fatores: características da superfície, tipo de solo, umidade antecedente, permeabilidade do solo, ocupação da bacia e tempo de concentração.

A Figura 3 identifica as áreas de influência das equações IDF válidas para a cidade do Rio de Janeiro e a

Tabela 1 apresenta os coeficientes de chuvas intensas IDF. A região da Ilha do Governador está sob a influência dos mesmos parâmetros de cálculo do pluviômetro da região do Irajá e, por conta disto, serão utilizados os mesmos valores para fins de cálculo.

Figura 3 – Áreas de influência das equações IDF da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2019.

Tabela 1 – Coeficientes de chuvas intensas IDF

Pluviômetro	a	b	c	d	Fonte
Santa Cruz	711,3	0,18	7,00	0,687	PCRJ- Cohidro (1992)
Campo Grande	891,6	0,18	14,00	0,689	PCRJ- Cohidro (1992)
Mendanha	843,7	0,17	12,00	0,698	PCRJ- Cohidro (1992)
Bangu	1.208	0,17	14,00	0,788	PCRJ- Cohidro (1992)
Jardim Botânico	1.239	0,15	20,00	0,740	Ulysses Alcântara (1960)
Capela Mayrink	921,3	0,16	15,40	0,673	Rio-Águas (2003)
Via11 (Jacarepaguá)	1.423	0,19	14,50	0,796	Rio-Águas (2005)
Saboia Lima	1.782	0,17	16,60	0,841	Rio-Águas (2006)
Realengo	1.164	0,14	6,96	0,769	Rio-Águas (2006)
Irajá	5.986	0,15	29,70	1,050	Rio-Águas (2007)
Eletróbrás – Taquara	1.660	0,15	14,70	0,841	Rio-Águas (2009)

Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2019.

O coeficiente de escoamento superficial de cada tipologia de área de drenagem foi determinado por meio da média aritmética entre os valores mínimo e máximo apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficiente de escoamento superficial por tipologia de área de drenagem

Tipologia da área de drenagem	Coeficiente de escoamento superficial
Áreas Comerciais	
áreas centrais	0,70 – 0,95
áreas de bairros	0,50 – 0,70
Áreas Residenciais	
residenciais isoladas	0,35 – 0,50
unidades múltiplas, separadas	0,40 – 0,60
unidades múltiplas, conjugadas	0,60 – 0,75
áreas com lotes de 2.000 m ² ou maiores	0,30 – 0,45
áreas suburbanas	0,25 – 0,40
áreas com prédios de apartamentos	0,50 – 0,70
Áreas Industriais	
área com ocupação esparsa	0,50 – 0,80
área com ocupação densa	0,60 – 0,90
Superfícies	
asfalto	0,70 – 0,95
concreto	0,80 – 0,95
vazada (bloquete)	0,70 – 0,89
paralelepípedo	0,58 – 0,81
telhado	0,75 – 0,95
solo compactado	0,59 – 0,79
Áreas sem melhoramentos ou naturais	
grama, em solo arenoso, declividade baixa < 2%	0,05 – 0,10
grama, em solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 – 0,15
grama, em solo arenoso, declividade alta > 7%	0,15 – 0,20

Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2022.

A Fundação Rio-Águas poderá aceitar outras metodologias para a separação do escoamento superficial, determinação dos hidrogramas e das vazões de projeto, caso haja uma justificativa adequada para a área de estudo (RIO DE JANEIRO, 2019).

Devido à indisponibilidade de levantamentos topográficos completos (precisos e atualizados) e às dificuldades de acesso aos registros hidrológicos, optou-se por realizar o cálculo do escoamento superficial da bacia urbana segundo o método racional, que permite utilizar parâmetros de entrada menos complexos, a partir da estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada (AIDC), conforme proposto por Garotti e Barbassa (2010).

No cálculo do coeficiente de escoamento superficial da área impermeabilizada diretamente conectada (C_{AIDC}), as áreas homogêneas estratificadas foram estimadas a partir dos percentuais das áreas: construídas, impermeabilizadas diretamente conectadas, impermeabilizadas não conectadas e permeáveis, conforme levantamento por satélite ou pelas medidas *in loco* (GAROTTI e BARBASSA, 2010).

Desta forma, para fins de estimativa e aplicação no processo de planejamento urbano, admite-se que a área impermeabilizada efetiva é definida como a área impermeabilizada diretamente conectada ao sistema de drenagem, e o volume escoado é próximo ao volume precipitado, sem oportunidade de infiltração.

O resultado dos cálculos da estimativa do coeficiente de escoamento superficial da área impermeabilizada diretamente conectada (C_{AIDC}) foram obtidos conforme a seguinte ordem de procedimentos:

- a) identificação das características de uso e ocupação de todos os lotes em estudo junto ao cadastro da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro;
- b) os lotes foram classificados conforme as áreas homogêneas (estratos) e listados na Coluna 1 (DATA RIO, 2022);
- c) as áreas totais (superfícies) dos lotes foram determinadas pelo *software* QGIS e listadas na Coluna 2 (DATA RIO, 2022);
- d) as áreas impermeabilizadas diretamente conectadas (AIDC) foram definidas pelo *software* QGIS, e listadas na Coluna 3 (RIO JANEIRO, 2021e);

- e) os percentuais das Colunas 4 e 6 foram obtidos a partir da relação entre a AIDC da Coluna 3 e a superfície total da Coluna 2 (GAROTTI e BARBASSA, 2010);
- f) os coeficientes de escoamento utilizados nas Colunas 5 e 7 foram determinados pela média aritmética entre os valores mínimo e máximo de cada característica de estrato (VILLELA e MATTOS, 1980);
- g) os coeficientes de escoamento ponderados (C_{pond}) foram obtidos pela média ponderada das porcentagens de AIDC das Colunas 4 e 6 e seus respectivos pesos das Colunas 5 e 7, dividido pela porcentagem da área total⁷ (GAROTTI e BARBASSA, 2010);
- h) o C_{AIDC} foi obtido pela média ponderada entre as AIDC da Coluna 3 e os C_{pond} da Coluna 8, dividido pela superfície total impermeabilizada diretamente conectada da sub-bacia (GAROTTI e BARBASSA, 2010).

A estratificação dos lotes

Para a análise de uma sub-bacia, foi necessário identificar um elemento espacial comum para toda a cidade do Rio de Janeiro, que representasse uma amostra de mesmas características urbanas, e que permitisse o cruzamento dos dados obtidos: o lote. Sendo assim, o lote foi o elemento comum selecionado devido à possibilidade de avaliação dos parâmetros relacionados ao uso e ocupação do solo, como: taxa de ocupação, taxa de permeabilidade, índice de aproveitamento do terreno, entre outros.

A caracterização urbanística da área estudada foi realizada a partir do levantamento do número total de lotes ocupados, de acordo com os parâmetros de uso, ocupação e impermeabilização do solo; e para fins de cálculo, os lotes desocupados foram considerados 100% permeáveis e as áreas de arruamento e passeio públicos foram consideradas 100% impermeáveis.

Garotti e Barbassa (2010) entendem a estratificação como a separação dos lotes em subconjuntos, conforme a semelhança de uso e as características de ocupação das áreas, de

⁷ A média ponderada é dividida por 100 (porcentagem total) devido ao fato de que se deve considerar a área total no cálculo, incluindo a área permeável, mesmo que não seja considerada no cálculo do C_{AIDC} final.

modo a observar-se a proporcionalidade entre as áreas permeáveis e impermeáveis da bacia. Sendo assim, os estratos foram classificados como:

- estrato 1 – lotes institucionais (ocupados por edificações ou áreas voltadas ao atendimento de interesses públicos, de capital público ou privado);
- estrato 2 – lotes comerciais e industriais (ocupados por empresas de capital privado);
- estrato 3 – lotes mistos (ocupados com múltiplas utilizações);
- estrato 4 – lotes residenciais (entre 300m² e 600m² de área);
- estrato 5 – lotes verticalizados (ocupados por prédios em altura superior a três pavimentos);
- estrato 6 – ruas;
- estrato 7 – calçadas; e
- estrato 8 – áreas verdes.

A intensidade pluviométrica

De acordo com Braga *et. al.* (2018), os dados obtidos pelas estações pluviométricas automáticas da cidade do Rio de Janeiro possibilitaram o desenvolvimento de equações de chuvas intensas similares às equações obtidas por dados pluviográficos disponíveis na literatura. Sendo assim, a interpolação dos dados é recomendada por ser o método que proporciona os menores valores de erro médio percentual e os melhores resultados para a espacialização dos coeficientes das equações de chuvas intensas.

Os dados de precipitação utilizados neste trabalho referem-se aos valores observados no pluviômetro da estação do Irajá, disponibilizados pela Fundação Rio-Águas, e aplicados diretamente na Equação 3 a fim de se determinar a intensidade pluviométrica média.

$$i_m = \frac{a \cdot T_r^b}{(t+c)^d} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

i_m = intensidade pluviométrica média (mm/h);

T_r = Tempo de recorrência (anos);

t = tempo de duração da precipitação (min); e

a, b, c e d = coeficientes de chuvas intensas IDF do pluviômetro do Irajá.

Estrutura organizacional da tese

Além da introdução e abordagem metodológica, a tese apresenta 6 (seis) capítulos, a partir de estrutura organizacional, como:

Introdução: apresenta o objetivo geral da tese, bem como os outros objetivos específicos relacionados à elaboração de uma proposta de gestão das águas pluviais para a cidade do Rio de Janeiro, sob o conceito do desenho e o desenvolvimento urbano de baixo impacto, buscando adesão na Política Federal de Saneamento Básico e na Política Nacional de Recursos Hídricos.

Abordagem metodológica: discute a linha de pesquisa adotada sob a visão de conceitos de “comportamento relacional”, do “modelo de globalização das agendas” e do “ecodesenvolvimento”, buscando materiais e métodos capazes de gerar uma estrutura bibliográfica que conduza o estudo desde o surgimento das primeiras técnicas de drenagem na antiguidade até a proposição de um modelo viável de implantação na atualidade.

Capítulo 1: aborda a história da drenagem urbana em três partes temporais: a primeira até o Império Romano dominar a Península Ibérica, com a fundação da província da Lusitânia e a cidade de Augusta Emerita; a segunda desde a queda do Império Romano até as Grandes Navegações portuguesas, passando pela dominação moura da Idade Média; e a terceira parte da chegada da Família Real, transformando o Rio de Janeiro na capital do Reino de Portugal e impactando a evolução da drenagem urbana do Brasil até os dias de hoje.

Capítulo 2: trata do planejamento urbano no Brasil desde o final do século XIX, expondo os impactos da urbanização sobre a drenagem urbana nas cidades brasileiras, bem como mostra a importância da integração entre planejamento e urbanização na gestão das águas pluviais e na elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana. Este capítulo trata, também, do arcabouço legal sobre as águas do Brasil, desde as iniciativas constitucionais da década de 1930 até as questões de drenagem dispostas na Lei de Saneamento Básico.

Capítulo 3: discute a gestão das águas pluviais no Brasil, partindo das competências no Gerenciamento dos Recursos Hídricos dispostas na Constituição Federal de 1988, reconhecendo o avanço das questões de dominialidade nas Leis das Águas, e na Lei do Saneamento Básico, inserindo no contexto da gestão municipal, especificamente, a drenagem e

o manejo das águas pluviais urbanas, com vistas à saúde pública e proteção ao meio ambiente. Este capítulo discute, também, a situação atual das políticas municipais de saneamento básico no Brasil, passando por uma discussão acerca do controle social na governança local das águas pluviais.

Capítulo 4: apresenta os modelos de gestão das águas pluviais de cidades sustentáveis no Brasil e no exterior, conceituando drenagem sustentável sob a visão do desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto, bem como discutindo a mudança de foco no controle das águas das chuvas e no desafio da gestão pública.

Capítulo 5: trata do estudo de caso sobre a cidade do Rio de Janeiro, apresentando a histórica relação entre a urbanização da cidade e as grandes enchentes, desde a chegada dos portugueses na região até o século XXI. Este capítulo trata, também, das primeiras soluções de drenagem e do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais vigente, definindo o Rio de Janeiro como uma cidade resiliente às fortes chuvas.

Capítulo 6: propõe um modelo de gestão das águas pluviais para a cidade do Rio de Janeiro, baseado na infraestrutura e no recorte geográfico da Ilha do Governador, no intuito de garantir que as características gerais da proposta sejam replicadas para o restante do município. Neste capítulo, a proposta de modelo sustentável de drenagem é desenvolvida sob o conceito do desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto, contemplando, inclusive, proposições temáticas sobre os ativos potenciais, a governança local, o monitoramento remoto e a adequação jurídica.

Conclusões e considerações finais: apresentam as conclusões da tese e indicam as dificuldades apresentadas no decorrer da elaboração do estudo, bem como os indicativos para futuros trabalhos.

Apêndice: disponibiliza material complementar, de caráter informativo, bem como 2 (dois) artigos científicos produzidos com o material de estudo da tese, devidamente publicado em revistas científicas, conforme preconizado pela deliberação do programa de Doutorado em Engenharia Ambiental (DEAMB) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

PARTE I – DRENAGEM E URBANIZAÇÃO

1. A HISTÓRIA DA DRENAGEM

A evolução do homem político, social, econômico, histórico e cultural deve ser observada no tempo histórico da humanidade, cuja fragmentação da história em eras, cria um cenário favorável ao entendimento da evolução da própria sociedade.

Por meio da periodização clássica da história entende-se a evolução do homem, a partir das primeiras formas de socialização e vivência em comunidade, dos primeiros registros artísticos e religiosos, da justificativa de longas batalhas por território e do desenvolvimento da moeda e da economia.

Por esta razão, para fins didáticos e para melhor entender o homem e a sociedade, identifica-se a história da drenagem com a periodização clássica das eras históricas neste estudo, segundo classificação de Pomian (1993), conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Periodização das eras históricas

Pré-História Da origem do homem até 4000 a.C.	Idade da Pedra	Paleolítico (Pedra Lascada)
		Mesolítico
		Neolítico (Pedra Polida)
	Idade dos Metais	Idade do Cobre
		Idade do Bronze
		Idade do Ferro
Idade Antiga 4000 a.C. – 476	Antiguidade Oriental	
	Antiguidade Clássica	
	Antiguidade Tardia	
Idade Média 476 – 1453	Alta Idade Média	
	Baixa Idade Média	
Idade Moderna 1453 – 1789		
Idade Contemporânea 1789 – dias atuais		

Fonte: Adaptado de Pomian (1993).

1.1. Da antiguidade ao Império Romano

A origem da drenagem está diretamente ligada à mudança do comportamento da população humana, que passou de pequenos grupos de nômades a comunidades maiores. As técnicas de irrigação, que surgiram a partir do cultivo do trigo e cevada, juntamente com a habilidade de domesticação de ovelhas, permitiram que essas comunidades se fixassem na terra,

passando a uma vida mais sedentária, dando origem às primeiras cidades estruturadas (FERNANDES, 2002).

Inicialmente, Fernandes (2002) descreve o conceito de drenagem como um conjunto de instrumentos que serviam unicamente à agricultura, a fim de atender às necessidades da irrigação das culturas. Com o surgimento de novas civilizações, novos modelos e práticas de drenagem passaram a ser desenvolvidos, como: a regulação da umidade do solo, a modificação dos leitos dos rios nas áreas destinadas à ocupação, e a prática de captação e transporte das águas das chuvas e das águas servidas.

Segundo Morris (1998), o estabelecimento das primeiras civilizações urbanas ocorreu durante a Idade do Bronze, se prolongando por cerca de mais de dois mil anos. Daniel (1968) cita estudos arqueológicos, que apontam uma suposta aparição das primeiras civilizações ao sul da Mesopotâmia (Egito), no vale do rio Indo, no rio Amarelo (China), no vale do México, nas florestas da Guatemala e de Honduras, e na costa e no planalto do Peru.

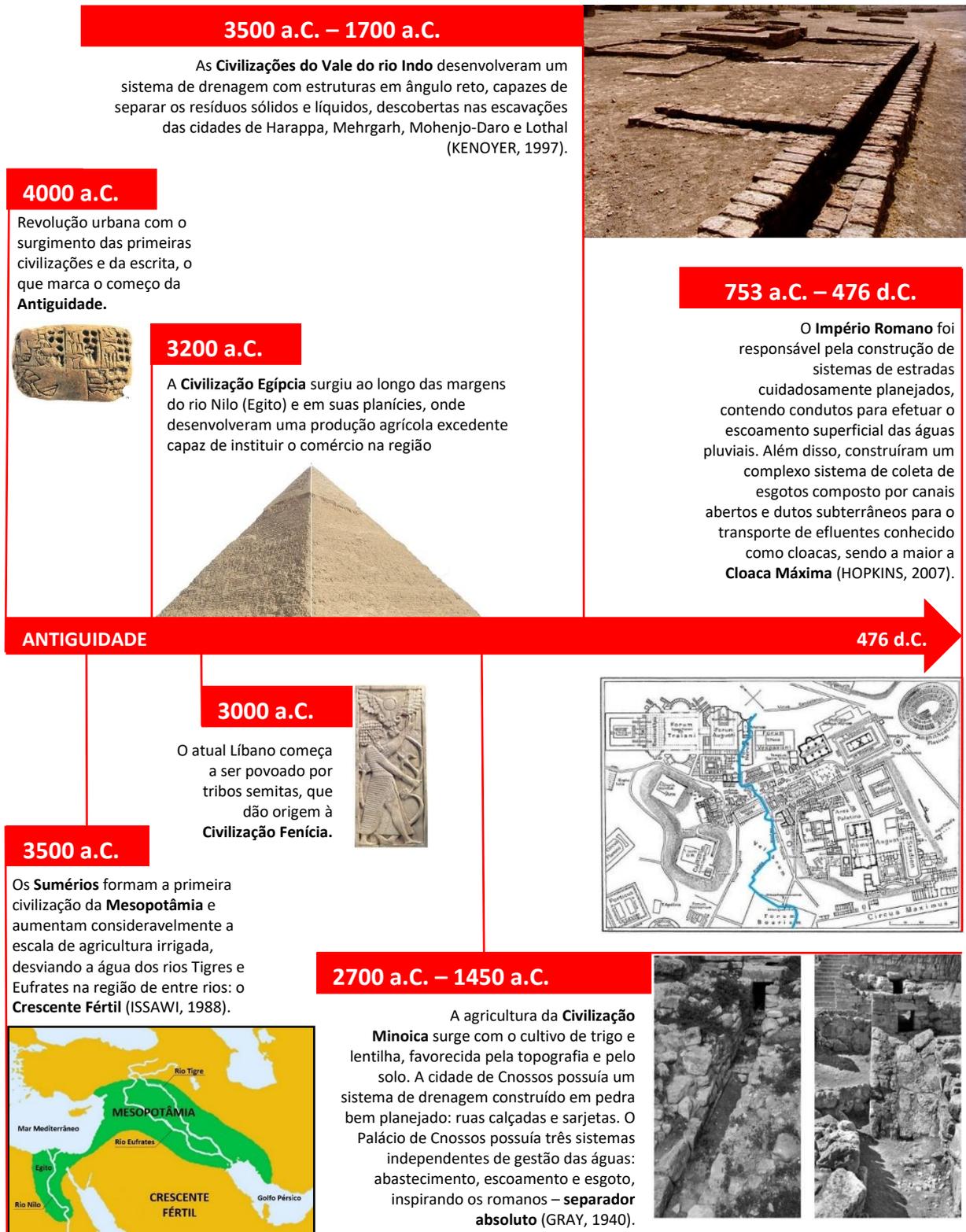
Na história das civilizações antigas, inúmeras citações e observações relacionadas às águas são encontradas em todo tipo de representação histórica, como: pinturas rupestres, registros de sinais, tradições culturais ou religiosas, etc. Na civilização Persa, por exemplo, as águas pluviais eram armazenadas em cisternas para futuro abastecimento, e eram consideradas sagradas, já que torná-las poluídas era um “pecado” (NIEMCZYNOWICZ, 1997).

Na América do Sul, foram encontradas ruínas de sistemas de esgotos e de banhos que atestam as façanhas do povo quéchua, que ergueu cidades drenadas e com suprimento de água nas atuais regiões do Peru e do Equador, e garantiu um terreno seguro para a saúde da sua comunidade, pois a civilização quéchua já reconhecia a influência de diversos elementos do ambiente físico sobre a saúde humana (ROSEN, 1994).

O Império Romano foi considerado a maior civilização do mundo antigo, e atribui-se aos romanos a construção de estradas com drenagem das águas pluviais e de cisternas com quartos comunicantes e aberturas no teto, projetadas para coletar e distribuir água para as cidades e portos (HILL, 1984).

A Figura 4 mostra uma linha do tempo dos sistemas de drenagem e dos conceitos de engenharia hidráulica da Antiguidade até o Império Romano.

Figura 4 – Linha do tempo dos sistemas de drenagem na Antiguidade



Fonte: Adaptado de *The History of Sanitary Sewers* (SEWERHISTORY, 2022).

1.2. Lusitânia – uma província romana (45 a.C. – 411 d.C.)

O Império Romano se estendeu do rio Reno ao Egito, se expandiu até a Grã-Bretanha e a Ásia Menor, e estabeleceu uma conexão entre a Europa, a Ásia e a África, chegando a ter um milhão de habitantes e duração de aproximadamente cinco séculos (753 a.C. – 476 d.C.), e cujo domínio territorial pode ser observado na Figura 5 (GIBBON, 1996).

Figura 5 – O domínio territorial do Império Romano Ocidental e Oriental



Fonte: Adaptado de *The history of the decline and the fall of the Roman Empire* (GIBBON, 1996).

No sistema político do Império Romano, o poder político estava concentrado na figura do imperador – de Augusto a Constantino XI – com o apoio político do Senado, herdado da antiga República Romana. Com o novo sistema, Roma, que era uma cidade-estado, passou a ser governada pelo imperador e começou a ser beneficiada pelos maiores avanços tecnológicos da época, desde questões ligadas à filosofia e à medicina, bem como na arquitetura e na engenharia.

O Império Romano formou, ao longo dos séculos, uma unidade político-cultural de grande complexidade, sendo o produto de um lento processo de conquista militar e centralização política, primeiro da cidade de Roma sobre a Itália, depois para as demais regiões que margeavam o mar Mediterrâneo.

O Império Romano Ocidental, sob o comando do Imperador Augusto, deu sequência ao processo de conquista pelo continente europeu, atingindo as terras da Hispânia, nome dado pelos romanos à Península Ibérica (atuais Portugal, Espanha, Andorra, Gibraltar e pequena parte no sul da França). A Figura 6 mostra como a Hispânia foi dividida em três províncias: Bética, Tarraconense (Hispânia Citerior) e Lusitânia (LEÃO e BRANDÃO, 2015).

Figura 6 – Hispânia Romana (séc. I – séc. II a.C.)



Fonte: Adaptado de Leão e Brandão, 2015.

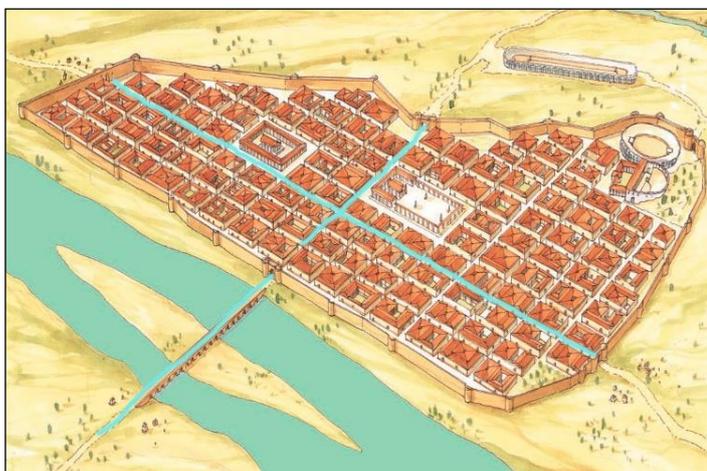
O Imperador Augusto deu continuidade à política de ampliação do domínio romano e fundou as colônias: *Augusta Emerita* (atual Mérida) em 27 a.C.; *Bracara Augusta* (atual Braga) em 16 a.C.; *Asturica Augusta* (atual Astorga) em 14 a.C., que adquiriu grande importância administrativa como um centro de controle da produção aurífera; *Hispalis* (atual Sevilha) e *Gades* (atual Cádiz), por onde a produção embarcava para Roma pelo mar (LEÃO e BRANDÃO, 2015).

A colônia de *Augusta Emerita*⁸ foi fundada com o objetivo de assentar os veteranos de guerra, oriundos de diferentes regiões do Império Romano, e tornou-se a capital da Lusitânia por ser um enclave estratégico às margens do rio Guadiana, e permitiu a comunicação com outras colônias através de estradas, que ligavam a província Bética com as províncias do noroeste peninsular, bem como com as terras da franja mais meridional da Hispânia com a cidade de *Felicitas Julia Olissipo* (atual Lisboa) (MANTAS, 2004).

Augusta Emerita passou a conter toda a estrutura essencial e indispensável para o aparelhamento institucional da recém-criada província da Lusitânia: a residência dos magistrados, os arquivos públicos, os serviços financeiros, etc.

A nova colônia concentrava as decisões políticas regionais do Império Romano, confirmando sua vocação para capital provincial, seguindo os parâmetros romanos de planificação urbana, organização territorial e administrativa, e conseqüentemente, a romanização daquele extenso território do ocidente peninsular, pela reprodução dos marcos arquitetônicos e urbanísticos de Roma, cujo desenho ilustrativo pode ser observado na Figura 7 (BORGES, 2009).

Figura 7 – Desenho ilustrativo da maquete de *Augusta Emerita*



Fonte: De Leão, 2015.

Segundo Mantas (2004), apesar de *Augusta Emerita* estar longe do esplendor das cidades italianas ou orientais do Império Romano e de Lusitânia ser considerada uma província distante, ela não era um território isolado, sem contatos com o mundo mediterrânico, nem tão

⁸ Também citada como *Emerita Augusta* por diversos autores.

pouco medíocre, por conta de sua importância econômica e estratégica das produções provinciais.

Observou-se o crescimento das cidades da Lusitânia, e com isso, se fez necessária a aplicação do conhecimento das técnicas de irrigação, da engenharia hidráulica e da arquitetura romanas, fazendo de *Augusta Emerita* uma propaganda do Império Romano, visto que o urbanismo implementado naquela colônia, como estratégia de domínio, possibilitou a difusão dos processos de romanização, conectando poder e cultura imperiais na região da Hispânia (BORGES, 2009).

As ações no território emeritense apontaram para um novo programa de administração dos territórios conquistados implementado por Augusto, que, em longo prazo, baseou-se na divulgação dos valores caros à tradição romana através da reprodução dos marcos arquitetônicos e urbanísticos de Roma (BARROSO e MORGADO, 1996).

Augusta Emerita logo se tornou uma das maiores cidades da Hispânia Romana, com um território de cerca de 20.000km², e cujo sistema de distribuição de água seguiu os modelos implantados em Roma, através da construção da Barragem de Proserpina e de Cornalvo, e dos aquedutos: *Acueducto de los Milagros* (Figura 8), *Acqua Augusta* e de *Rabo de Buey-San Lazaro*), além de pontes e arcos, que permitiram a distribuição de água pelas termas e fontes da cidade (DE LEÃO, 2015).

Figura 8 – Trecho do *Acueducto de los Milagros*



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2019.

Neste contexto, ressalta-se a importância de *Olissipo*, que se transformou, ao longo do domínio romano, em um centro do sistema marítimo atlântico, já que o estuário do rio Tejo fornecia segurança aos navios, propiciava o acesso de embarcações de amplo calado e permitia a comunicação com o interior peninsular.

Além disso, a conexão da rota marítima *Gades–Olissipo* (atual Cádiz–Lisboa) (Figura 9), possibilitou o transporte da produção agrícola do vale do rio Guadalquivir para as regiões do norte e do interior da Hispânia, o que reforçava os contatos entre o mundo mediterrâneo e o Atlântico (MENDES, 2014).

Figura 9 – Lusitânia no séc. II a.C.



Fonte: Mantas, 2004.

1.3. Da queda do Império Romano até o final do Século XIX

Com o enfraquecimento do Império Romano (255 d.C.), a maioria das cidades da Europa iniciou uma redução considerável de seus tamanhos, já que seus residentes fugiam dos centros urbanos, onde havia insegurança e anarquia, sucedida de roubos e saques, com a ocupação de periferias e áreas rurais, e emigrações em massa (BISHOP, 1968).

O conhecimento sobre saneamento básico ficou arquivado em mosteiros religiosos durante muitas décadas, e só foi revelado em torno de 1425, quando Gian Francesco Poggio encontrou o texto escrito por Frontinus, intitulado de “*De Aqvis vrbis Romae*”⁹, que continha ensinamentos sobre hidráulica, saneamento e sua gestão, ignorados durante toda a Idade Média (SILVA, 1998).

A população da Europa tinha um consumo de água racionado e a captação era feita diretamente nos rios, diferentemente das práticas romanas, que priorizavam a captação a longas distâncias, trazendo um retrocesso do ponto de vista sanitário.

O baixo consumo de água e a prática de construção de fossos ao redor das cidades, para lançar os rejeitos das populações, acarretaram graves consequências à saúde pública, contribuindo para o avanço de doenças em um período de grandes epidemias, como: cólera, lepra e tifo (comuns na Europa), além da peste negra (peste bubônica) (SILVA, 1998).

Paris, intocada desde a Idade Média e repleta de epidemias, era uma cidade caótica e superlotada. O Imperador Napoleão III (1852-1870) encarregou o Barão Georges-Eugene Haussmann, o prefeito do Sena, e o engenheiro Eugène Belgrand de projetarem e construir novas estradas, parques e monumentos públicos, bem como instalar novos sistemas de esgotos e modificar a fachada arquitetônica da cidade (KIRKMAN, 2007).

Kirkman (2007) comenta, ainda, que Paris passou por um processo de total renovação com a construção de um complexo sistema de drenagem, que permitiu o escoamento dos esgotos da cidade e suportou o grande volume escoado da crescente metrópole. Nos distritos mais ricos da cidade, com a popularização dos banheiros, os dejetos humanos passaram a ser conduzidos através do sistema de esgotamento.

⁹ “Das águas da cidade de Roma” – Tratado escrito por volta de 97 d.C., por Sexto Júlio Frontino (?40-103 d.C.), sobre organização jurídica e as técnicas hidráulicas.

O Barão Haussmann defendia uma proposta de manter separadas as águas servidas das águas limpas do rio Sena, e acreditava que a cidade se tornaria mais limpa e menos propensa a proliferação de vetores de doenças, bem como eliminaria o mau odor dos esgotos em putrefação acumulados por Paris (KIRKMAN, 2007).

Percebeu-se, de uma certa maneira, que as doenças eram o elo entre os ricos e os pobres, e se caracterizavam como um fator de interdependência social, tendo em vista que todas as camadas sociais estavam sendo afetadas por conta das enfermidades e das consequentes perdas econômicas pela falta de investimento em saneamento básico (HOCHMAN, 1998).

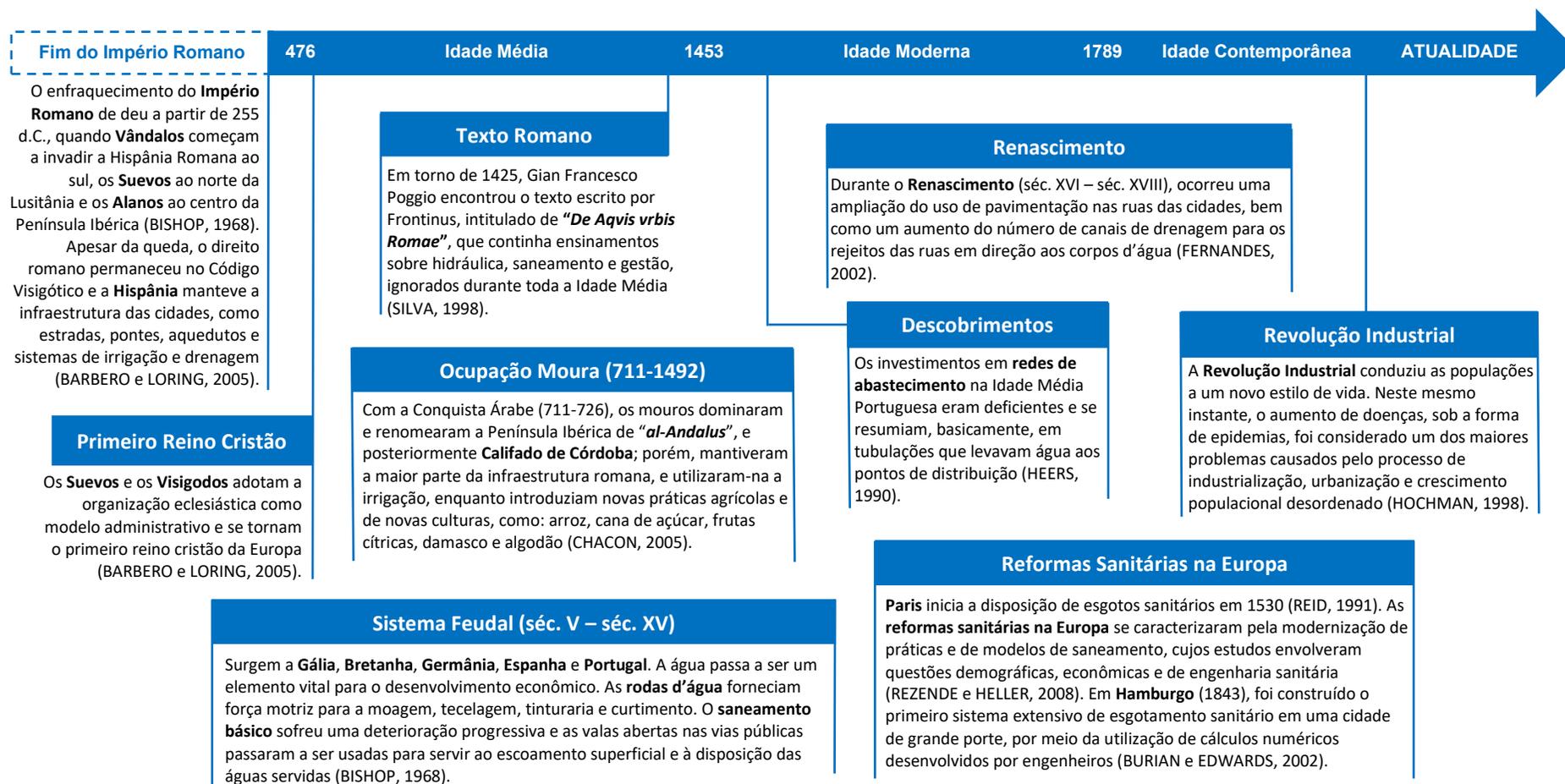
De acordo com Rezende e Heller (2008), as transformações iniciadas pela Revolução Industrial (séc. XVIII) promoveram uma redução da qualidade de vida dos centros urbanos, que começaram a se deteriorar devido ao rápido aumento do número de trabalhadores nas fábricas. Sendo assim, a ocupação desordenada das periferias disseminou um ambiente de proliferação de doenças, já que não havia condições de suprimento de água potável e limpeza das ruas para suportar tal superpovoamento.

Estas mesmas transformações promoveram uma mudança no comportamento da sociedade por meio da valorização social da inteligência, o que permitiu o progresso social, com base na fundamentação do Movimento Iluminista (séc. XVII – séc. XVIII), onde o uso da razão era o melhor caminho para se alcançar a liberdade, a autonomia e a emancipação (REZENDE e HELLER, 2008).

As reformas sanitárias na Europa culminaram no desenvolvimento e na modernização de práticas e de modelos de saneamento, que levavam em consideração os estudos demográficos, econômicos e de engenharia sanitária, que utilizavam cálculos matemáticos adequados para cidades de grande porte (REZENDE e HELLER, 2008).

A Figura 10 mostra um resumo da linha de tempo dos acontecimentos e dos eventos relacionados à infraestrutura hídrica e ao saneamento básico na Europa, desde a queda do Império Romano até o final do século XIX.

Figura 10 – Linha do tempo da infraestrutura hídrica e de saneamento básico na Europa



Fonte: O autor, 2022.

1.4. O Reino de Portugal e as grandes navegações

Com a crise da sociedade romana, *Felicitas Julia Olissipo* foi se transformando e a fisionomia dos povos teve grandes alterações, principalmente devido à sua conquista por parte dos visigodos, que lhe conferiram o nome de “*Ulishbon*”, e posteriormente dos árabes, que lhe rebatizaram de “*Lušbūna*” ou “*al-Ushbuna*”, atualmente Lisboa (SILVA, 2008).

Caseiro (1999) comenta que após a reconquista da Península Ibérica e a formação do Reino de Portugal no século XII, D. Afonso Henriques – o primeiro rei de Portugal – passou a administrar as novas organizações socioeconômicas sob o sistema feudal e Lisboa sucede a Coimbra como capital do reino e a cidade mais importante da região.

A região de Lisboa foi povoada e a escassez de água potável passou a ser uma constante, mesmo com a existência do rio Tejo, que detinha água imprópria para consumo, devido aos níveis de salinidade inadequados. A única área de Lisboa com nascentes de água disponíveis estava no bairro de Alfama, sendo necessária a captação em local mais distante, como o vale da Ribeira de Carenque, na região de Belas, cujas águas já haviam sido utilizadas pelos romanos, que ali haviam construído uma barragem e um aqueduto (CASEIRO, 1999).

O Aqueduto das Águas Livres, como foi chamada esta obra emblemática, é um complexo sistema de captação, adução e distribuição de água, feita em cantaria, que atendeu à cidade de Lisboa através de uma rede de chafarizes e fontes, alimentados por gravidade, com um total de aproximadamente 58km de galerias subterrâneas e elevadas (CASEIRO, 1999).

Durante este período, Portugal se transformou na maior potência mundial em navegação, na vanguarda como o primeiro país a transformar a pesquisa tecnológica e científica em política de Estado, e ao abrir as portas a especialistas aragoneses, catalães, italianos e alemães, com o objetivo de aumentar e enriquecer os conhecimentos náuticos de oficiais e simples marinheiros, o que culminou na descoberta: dos arquipélagos dos Açores, Madeira e Canárias, do Brasil na América do Sul, e um vasto território no prolongamento da Ásia (CHACON, 2005).

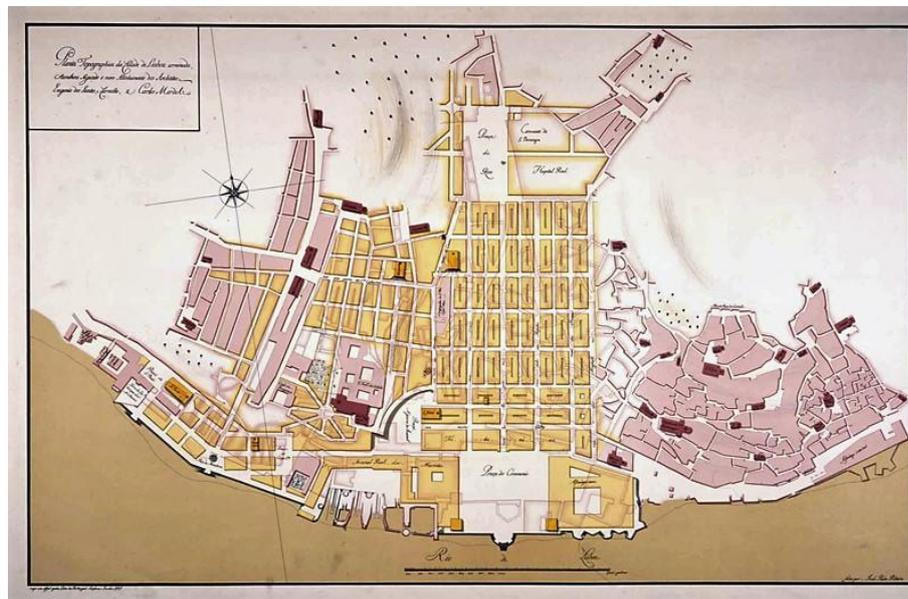
Em 1º de novembro de 1755, a história de Lisboa foi marcada por um terremoto, seguido de tsunami e incêndios, que destruiu grande parte da cidade, mas que curiosamente não abalou as estruturas do Aqueduto das Águas Livres. D. José I concedeu poderes absolutos ao Secretário

de Estado, Sebastião José de Carvalho e Melo, futuro Marquês de Pombal, para recuperar a cidade, em conjunto com engenheiros e arquitetos, que empreenderam uma obra de requalificação urbanística (TAVARES, 2005).

A reconstrução de Lisboa foi financiada pelas riquezas das colônias, em especial do Brasil, que teve excessiva cobrança de impostos em troca de privilégios, como a concessão de contratos de arrendamento e mercês régias, e favorecimento aos nobres da Capitania das Minas Gerais, que ganhavam títulos e poderes, e que nas mãos da elite conquistavam os negócios mais lucrativos da Coroa (ROMEIRO e BOTELHO, 2003).

A Figura 11 representa o projeto de reconstrução de Lisboa, descrito em “O Plano de Lisboa de 1758”, e contava com um traçado quadriculado, que se prolongava da Praça do Rossio ao Terreiro do Paço, e que incluía as ruas marginais ao rio Tejo, com arquitetura e urbanismo baseados nos conceitos do racionalismo e nas ideias iluministas difundidas na época (FONSECA, 2005).

Figura 11 – Lisboa Pombalina



Fonte: “O Plano de Lisboa de 1758” (ROSSA, 2010).

O sistema de esgotamento sanitário e de distribuição de água foi reformulado, a fim de atender à moderna cidade que ressurgia, sob os novos conceitos de medição da velocidade das águas de escoamentos e das vazões, que surgiram na Idade Moderna e que se estenderam até o

século XIX, sob a demonstração de que os rios, as fontes e as águas subterrâneas eram formados pelas águas da chuva (FONSECA, 2005).

1.5. Rio de Janeiro – A capital de Portugal

Conforme descreve Mattos (2017), grande parte da Europa, no início do século XIX, estava sob o domínio da França e governada por Napoleão Bonaparte desde 1804. A estratégia principal dos governantes foi a criação do Decreto do Bloqueio Continental em 1806, que determinava o fechamento dos portos ao comércio realizado com a Inglaterra.

Porém, o governo de Portugal relutava em aderir ao bloqueio em virtude da antiga e tradicional aliança com a Inglaterra, de quem era extremamente dependente economicamente. O Príncipe Regente Dom João vivia momentos tensos e “estava indeciso quanto à alternativa menos danosa para a monarquia portuguesa” (MATTOS, 2017).

O cotidiano de Lisboa encontrava-se fortemente alterado por boatos sobre a invasão francesa e a insegurança aumentava a cada instante. Por este motivo, uma iniciativa ganhou força e significado: transferir a sede da monarquia portuguesa para o Brasil. Diante dos fatos, o projeto estratégico de evasão se deu na manhã do dia 29 de novembro de 1807, quando o Príncipe Regente, a bordo da Nau Capitânia, acompanhada por embarcações inglesas, finalmente partiu de Lisboa rumo ao Rio de Janeiro (MATTOS, 1995).

A chegada da Família Real Portuguesa ao Rio de Janeiro, no início do século XIX, foi um marco para a sociedade colonial, e promoveu grandes transformações, que buscavam tornar a colônia uma metrópole. O Príncipe promulgou a “Carta Régia de Abertura dos Portos às Nações Amigas” quatro dias após a sua chegada e, com esse ato, as cidades brasileiras passaram a ter grande importância social e econômica, significando o fim do Pacto Colonial e a liberdade de comércio com outros países (MATTOS, 1995).

A escolha do Rio de Janeiro como capital do Reino seguiu critérios importantes, já que era a cidade brasileira mais populosa e mais importante economicamente, e que possuía uma rica elite de comerciantes e uma potente indústria naval. Além disso, a cidade estava dotada de razoável sistema de defesa, que abrigava o maior contingente militar das capitânias e era uma das sedes da esquadra da Marinha de Guerra portuguesa no Brasil (CAVALCANTI, 2004).

No ano de 1808, o porto do Rio de Janeiro recebera aproximadamente 865 embarcações, repletas de mercadorias e de novidades oriundas das mais diversas nacionalidades, o que representava um número bastante expressivo para a época. Se por um lado, a natureza deslumbrava os europeus por seu exotismo, por outro a aglomeração urbana os assustava (SILVA, 2009).

D. João VI promoveu mudanças transformadoras no Rio de Janeiro, que marcaram além da arquitetura e da engenharia, tais como a criação: da Escola Imperial de Artes e Ofícios, inspirada na Missão Artística Francesa, da Imprensa Régia, da Biblioteca Nacional, do Jardim Botânico, do Arquivo Militar, da Academia de Marinha, do Banco do Brasil, da Fábrica de Pólvora, além da abertura de jornais, escolas, museus, teatros, etc. (HEYNEMANN e VALE, 2010).

Em 10 de maio de 1808, foi promulgado o decreto de criação da Intendência de Polícia da Corte, como um órgão público com funções semelhantes às de uma prefeitura dos dias atuais. Semelhantemente às atribuições da Intendência de Lisboa, o órgão passou a cuidar da: segurança, investigação dos crimes e captura dos criminosos, realização de obras públicas e de abastecimento, e a solução de questões ligadas à ordem pública (HEYNEMANN e VALE, 2010).

De acordo com Silva (2009), o espaço urbano do Rio de Janeiro foi modificado em um tempo bastante curto, sob o comando do Conde dos Arcos, que seria o último vice-rei do Brasil. As antigas ruas de terra, antes esburacadas e malcuidadas, ganhavam nova pavimentação para facilitar a circulação das carruagens, que começavam a trafegar em várias direções.

As ruas e estradas eram abertas para dar escoamento aos produtos cultivados em áreas próximas à cidade a fim de atender as necessidades da Corte e a iluminação pública foi expandida pela cidade, o que promoveu uma alteração no cotidiano da população (SILVA, 2009).

A gestão das águas da cidade passou a ser comandada pela Câmara, que aplicou o conceito herdado pelos engenheiros e arquitetos na reconstrução de Lisboa, e promoveu o aterro e drenagem de inúmeros charcos, como o do Campo de Santana, que funcionava como vazadouro de detritos, contendo grandes valas e fossas.

O sistema de distribuição de água da cidade, que consistia no aqueduto e chafariz da Carioca, foi ampliado através da construção de novas pontes, fontes e chafarizes, bem como da ampliação da capacidade do existente Chafariz do Carmo. (HEYNEMANN e VALE, 2010).

O Rio de Janeiro foi a capital do Reino de Portugal, Brasil e Algarves entre os anos de 1815 e 1821, quando D. João retorna a Portugal em 21 de abril de 1821, de modo a deixar uma outra cidade, mais moderna, transformada, e governada pelo seu filho D. Pedro de Alcântara – D. Pedro I (SILVA, 2009).

1.6. A evolução da drenagem urbana no Brasil

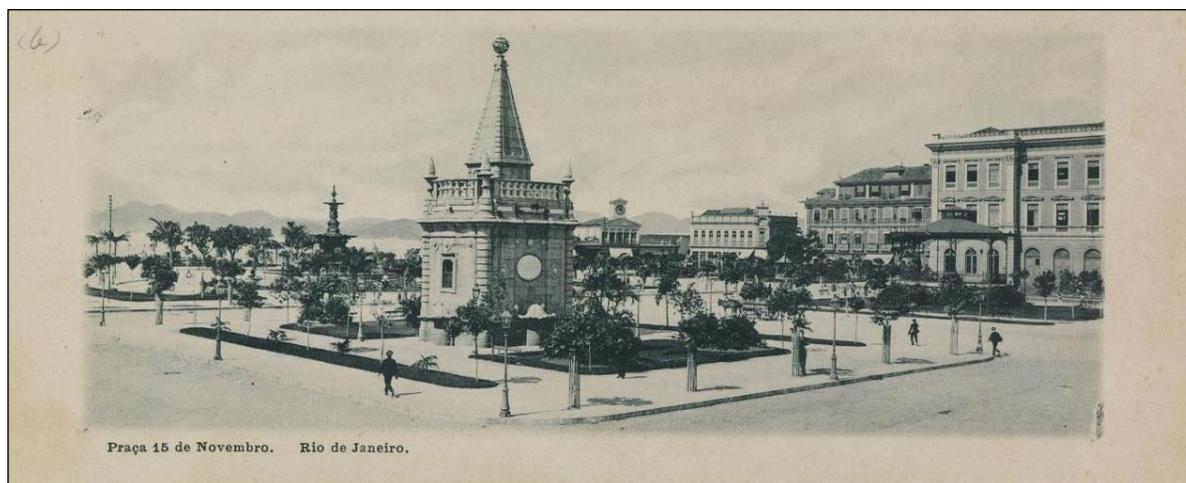
Apesar de os registros históricos do saneamento básico no Brasil apontarem o início da aplicação das técnicas de drenagem com o surgimento das cidades no período colonial, há relatos, que muito antes disso, as comunidades indígenas já se preocupavam com o abastecimento de água e a disposição dos dejetos (ROCHA, 2016).

Rocha (2016) conta que os índios armazenavam água doce para o consumo em vasos de barro e de argila e em grandes caçambas de pedra. Além disso, nas aldeias existiam espaços determinados apenas para as necessidades fisiológicas, o que deixa explícito o pensamento que os índios já detinham certo conhecimento sobre o perigo da falta de saneamento.

Entre o descobrimento do Brasil e o início do período colonial, as cidades surgiram e foram acompanhadas pela crescente necessidade por serviços fundamentais para a população instalada. No princípio, o saneamento apresentava características precárias, resumindo-se na instalação de chafarizes e na drenagem dos terrenos brejosos (ROCHA, 2016).

Tudo indica que, no conjunto das intervenções municipais, a instalação de fontes e chafarizes para o abastecimento de água foi eficaz para o desenvolvimento do conceito de “bem público” e de “áreas comuns”, permitindo uma mudança das relações do poder público com a população, que passou a utilizar a praça pública como ambiente de intercâmbio de ideais e de resistência (Figura 12).

Figura 12 – Chafariz do Mestre Valentim, localizado na Praça XV de Novembro, no Rio de Janeiro



Fonte: Biblioteca Nacional, 2020.

O Rio de Janeiro passou por uma profunda transformação de caráter político, social, econômico e cultural, o que causava surpresa aos viajantes que passaram a aportar na cidade após as mudanças estruturais ocorridas da administração joanina. Se por um lado, a natureza deslumbrava os europeus por seu exotismo, por outro a aglomeração urbana os assustava, já que o progresso não foi acompanhado pelos melhoramentos na infraestrutura urbana (ROCHA, 2016).

O Brasil era o maior país escravagista do ocidente e os africanos escravizados eram a mão de obra utilizada em larga escala para solucionar as questões de saneamento nas cidades brasileiras, já que não havia banheiros, água corrente ou qualquer tipo de instalação sanitária na maior parte das casas (ROCHA, 2016).

Durante cerca de 300 anos, os cativos – apelidados de “tigres” – eram os responsáveis pelo recolhimento e despejo de urina e fezes de seus donos, que cidades faziam as necessidades em penicos ou em outros recipientes de metal ou porcelana (SILVA, 2009).

Segundo Silva (2009), os escravos “aguadeiros” tinham um papel sanitário muito importante, pois eles iam às fontes e chafarizes, cotidianamente, logo ao nascer do sol, em busca de água limpa, que transportavam em grandes recipientes nas carroças, podendo ter como destino a casa de seus senhores ou de terceiros, para lucro de seus donos (Figura 13).

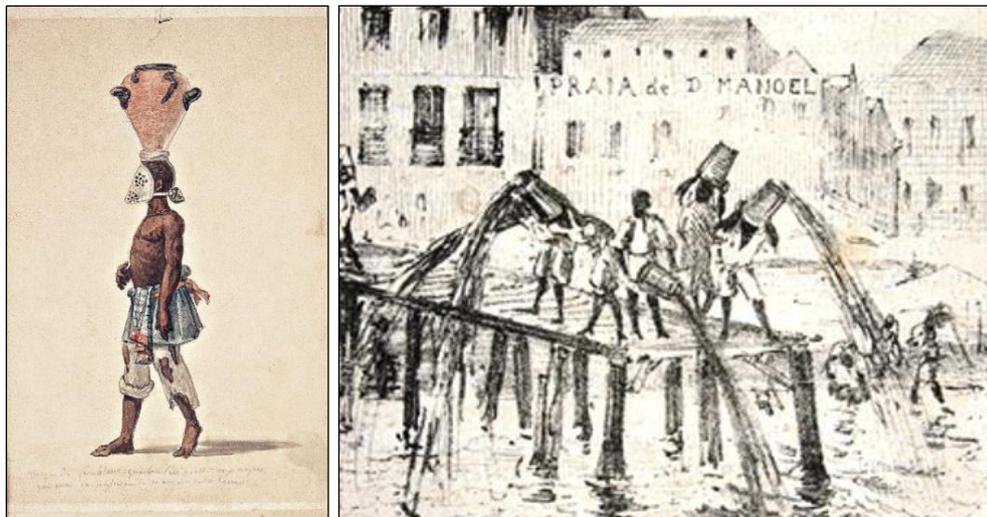
Figura 13 – Escravos aguadeiros no Brasil colonial



Fonte: Pintura de Jean Baptiste Debret, em “Viagem pitoresca e histórica ao Brasil” (1834).

No Rio de Janeiro, as instalações sanitárias ficavam localizadas nos fundos das casas e os dejetos eram colocados em recipientes especiais, que após cheios, com mau cheiro e infectados, eram transportados pelos escravos e despejados na atual Praça da República ou na beira-mar (Figura 14) (SILVA, 2009).

Figura 14 – Escravos que carregavam e despejavam os dejetos domésticos



(a)

(b)

Legenda: (a) escravo tigre, que carregava os dejetos em tinas às costas ou na cabeça.

(b) escravos despejando detritos domésticos no cais do centro do Rio de Janeiro.

Fontes: (a) pintura de Jean Baptiste Debret, em “Viagem pitoresca e histórica ao Brasil” (1834).

(b) desenho retratado na revista carioca “A Semana Ilustrada” (1861).

No século XIX, o Rio de Janeiro apresentava condições sanitárias péssimas, já que a cidade não possuía sistema de esgotamento sanitário, rede de abastecimento de água potável e serviço de coleta de lixo. Sobre a cidade, Luccock (1975) mostra que havia três soluções para melhorar as condições de vida naquele cenário:

- I – acumular o lixo no pátio das residências para que as chuvas tropicais o levassem;
- II – utilizar escravos para carregarem os dejetos e despejá-los na baía de Guanabara; e
- III – derramar o lixo nas ruas ou nas valas das ruas, até que fossem despejados no mar.

De acordo com Silva (2009), o Rio de Janeiro sofreu com diversas epidemias letais entre 1830 e 1851 – a maioria delas causadas por doenças de veiculação hídrica – o que confirma a necessidade de melhoramentos nos sistemas de abastecimento de água. Outras cidades brasileiras também estavam na mesma situação, com epidemias de tifo, febre amarela, varíola e peste bubônica persistentes, e multiplicação da população de ratos, pernilongos e outros vetores.

Diante deste cenário, foram organizadas campanhas de vacinação para erradicar as epidemias sob o comando dos médicos Emílio Ribas (1862-1925) e Oswaldo Cruz (1872-1917), que geraram grande insatisfação na população, pois os agentes sanitários entravam nas casas e vacinavam as pessoas à força, culminando na Revolta das Vacinas em 1904 (SILVA, 2009).

O movimento higienista de saneamento urbano fundamentava-se no ideal de afastar as águas nocivas o mais rápido possível das cidades, de forma ordenada, para um corpo de água receptor, a fim de reduzir a ocorrência de doenças e epidemias. Este conceito passou a consolidar-se no Brasil após a Proclamação da República em 1889, apesar de ter sido difundido logo quando do seu aparecimento na Europa (SILVEIRA, 2000).

Até aquele momento, a produção brasileira esteve voltada para atender o mercado externo, tendo em vista a condição de exportador iniciada com a abertura dos portos. Entretanto, o poder econômico – concentrado nas mãos dos fazendeiros de café – impulsionou a modernização da região sudeste, o que possibilitou reformas estruturais em cidades portuárias

como o Rio de Janeiro e Santos, sob o comando do engenheiro Saturnino de Brito (Figura 15) (REZENDE e HELLER, 2008).

Figura 15 – Inauguração do sistema de canais de Santos, SP. (1907)



Fonte: Fotografia disponível em “Obras Completas de Saturnino de Brito”, Imprensa Nacional, Instituto Nacional do Livro, RJ.

Saturnino de Brito defendeu o uso de tecnologias próprias, segundo a dinâmica das cidades brasileiras, levando em consideração suas características físicas, culturais, sociais e econômicas. Ele incentivou o emprego de tubos de concreto, que passaram a ser adotados obrigatoriamente nos projetos de urbanização do país, bem como a adoção do sistema separador absoluto de esgotamento sanitário (REZENDE e HELLER, 2008).

O poder público definiu que a água deixa de ser um bem público e passa a ser uma mercadoria comercializável, o que permite a criação de uma organização dos serviços de saneamento básico, cujas províncias poderiam entregar as concessões de uso e regulação às companhias estrangeiras, que estivessem habilitadas (SILVA, 2009).

Segundo Rezende e Heller (2008), a engenharia sanitária no Brasil tinha uma atuação muito embrionária e com conceitos distantes da realidade tropical, visto que os projetos tinham como referência métodos utilizados para as capitais europeias, cujas características hidrológicas diferem das cidades brasileiras.

No início século XX, em decorrência da insatisfação geral causada pela falta de eficiência dos serviços prestados pelas empresas de saneamento estrangeiras, o governo

estatizou o setor e estimula a elaboração de projetos que previssessem a retirada dos esgotos por meio de tubulações e transporte para um local onde pudessem ser tratados.

Durante a Era Vargas (1930-1945), o país foi marcado pela presença de um Estado controlador e de inúmeras alterações sociais e econômicas, com o objetivo de implantar uma política de modernização do país. Dentre inúmeras consequências, ocorreu uma forte migração de pessoas das áreas rurais para os centros urbanos – êxodo rural – especialmente na região sudeste.

A demanda pelos serviços de saneamento nas cidades cresceu e o poder público não conseguia suprir as necessidades de maneira satisfatória, o que culminou em uma nova proposta de comercialização dos serviços de saneamento, com o aparecimento de autarquias desvinculadas do sistema de saúde (REZENDE e HELLER, 2008).

Em 1955, Juscelino Kubitschek foi eleito presidente da República e rapidamente colocou em ação o Plano de Metas, cujo objetivo principal era o desenvolvimento econômico de vários setores e o processo de industrialização do Brasil.

Naquele momento, as empresas de serviços de saneamento de economia mista foram instituídas e o setor de saneamento pode se desenvolver a partir de grandes empréstimos oriundos do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o que exigiu uma maior autonomia das companhias de saneamento (REZENDE e HELLER, 2008).

Nos anos do Regime Militar (1964-1985), ocorreram algumas alterações na administração pública, com o objetivo de proporcionar avanços no setor de saneamento, como:

- a criação do Banco Nacional da Habitação (BNH), que passa a ser o gestor da principal fonte de recurso para investimento no setor;
- a criação do “Fundo Nacional de Financiamento para Abastecimento de Água”, que atendeu 21 cidades no país;
- a elaboração do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA);
- o aumento da autonomia do setor por meio das tarifas e financiamentos baseados em recursos retornáveis; e
- a total separação das instituições que cuidam da saúde e que planejam o saneamento no Brasil.

Apesar de a maioria das cidades brasileiras ainda estarem longe de um sistema de saneamento ambiental adequado, os legisladores promoveram alguns avanços legais e institucionais no setor de saneamento, como:

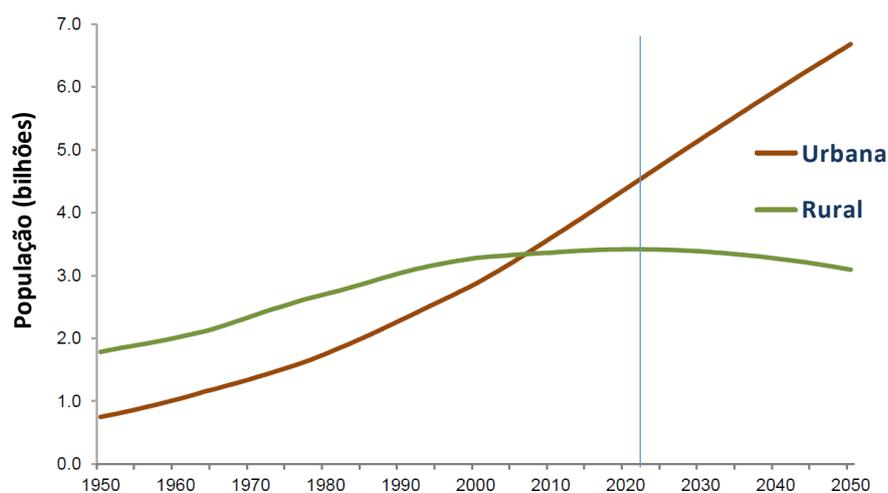
- a Constituição Federal de 1988;
- as Constituições Estaduais e as Leis Orgânicas Municipais;
- a Lei das Águas (Lei Federal n.º 9.433/1997);
- a criação do Ministério das Cidades (2003);
- a formalização de Parcerias Público Privadas (PPP) em 2004;
- a criação de Agências Reguladoras (1996-2005);
- a promulgação da Lei do Saneamento (Lei Federal n.º 11.445/2007);
- a criação da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2007);
- a elaboração de planos e programas no âmbito federal: PROSAB (2009) e PLANSAB (2013); e
- o novo Marco do Saneamento (Lei Federal n.º 14.026/2020).

2. A URBANIZAÇÃO

De acordo com o estudo sobre inundações urbanas de Tucci e Bertoni (2003), o processo de urbanização acompanhou a trajetória humana ao longo da história, caracterizada por três etapas distintas: pré-industrial, industrial e atual ou das comunicações, também conhecida como “terceirização das decisões”.

Nos últimos 70 anos, o planeta tem passado por um rápido processo de urbanização, como observado no Gráfico 1. Em 1950, mais de dois terços da população do mundo (70%) vivia em assentamentos rurais e o restante (30%) em áreas urbanas. Estima-se que até o fim da Agenda para o Desenvolvimento Sustentável em 2030, a parcela da população mundial que vive nas áreas urbanas deverá chegar a 60% e, até 2050, o mundo será mais do que dois terços urbano (68%), aproximadamente o inverso da relação população rural-urbana de meados do século XX (UNITED NATIONS, 2019).

Gráfico 1 – População urbana e rural no mundo (1950-2050)



Fonte: Adaptado de *World Urbanization Prospects – The 2018 Revision*, 2018.

No Brasil, o cenário da distribuição populacional vem se modificando desde a metade do século XX, quando a população, predominantemente rural, tem se tornado majoritariamente urbana, a saber: 85% da população brasileira vive em área urbana (IBGE, 2016).

Entretanto, esta transição não foi acompanhada pelo desenvolvimento da infraestrutura disponível, o que deixa explícito um molde de urbanização marcado pelo processo de

inchamento populacional, que compromete a qualidade de vida nas cidades e gera problemas como: favelização, cortiços, desvalorização dos centros, etc. (BRASIL, 2013).

2.1. O planejamento urbano no Brasil

O conceito de planejamento urbano no Brasil começou a ser colocado em prática no final do século XIX, quando passou-se a levar em consideração a saúde nas cidades, a necessidade do rompimento com o passado colonial e o desejo de se implementar um novo conceito de “moderno” próprio da nova classe dominante, que exigia o “embelezamento das cidades” (BRASIL, 2013).

O planejamento urbano no Brasil pode ser dividido nos seguintes períodos: do final do século XIX (1875) até 1930; de 1930 até meados de 1992; e de 1922 em diante (VILLAÇA, 2010).

Do final do século XIX a 1930

O primeiro período da urbanização no Brasil é marcado por um caráter ideológico, com o preceito de embelezamento urbano para afirmar o Estado e a classe dirigente capitalista (VILLAÇA, 2010). A burguesia começa a mudar de costumes do passado colonial e impõe novos valores e formas, com o surgimento de grandes avenidas, praças e monumentos (BRASIL, 2013).

Esses novos modelos escolhidos seguem o exemplo das intervenções introduzidas por Haussmann em Paris, e valorizam as “cidades cartesianas e geométricas, iluministas, que modificariam a sociedade por meio de uma reforma urbana” em conjunto com os conceitos higienistas à época (PELUSO, 2003).

Entretanto, conforme Peluso (2003), nem todas as parcelas sociais eram atendidas por este tipo de planejamento, visto que, por algum motivo, camadas da sociedade eram alijadas de executar os melhoramentos propostos pelas Comissões Sanitárias em seus imóveis e, conseqüentemente, eram postas às margens da cidade “bela, moderna e sadia”.

Ainda na primeira fase da expansão urbana brasileira, destaca-se a contribuição histórica do engenheiro Francisco Pereira Passos, que formulou a grande reforma urbanística do Rio de Janeiro, com propostas de modernização, primeiramente, marcadas pelo higienismo e com a

predominância de médicos sanitaristas; e, em sequência, em uma segunda fase, com engenheiros e técnicos, que visavam soluções para o saneamento e a circulação urbana, além do cuidado com os padrões construtivos (Figura 16) (BRASIL, 2013).

Figura 16 – Avenida Central do Rio de Janeiro



Fonte: Fotografia de Marc Ferrez de 1909 (BIBLIOTECA NACIONAL, 2020).

De 1930 até meados de 1992

O segundo período, iniciado na década de 1930, é marcado pelo pensamento do planejamento como técnica com embasamentos científicos, fundamental para a resolução dos “problemas urbanos” (VILLAÇA, 2010). Naquele momento, a história nacional estava voltada para o aumento no preparo e consciência das classes operárias, o que reflete na diminuição de poder das classes dominantes e “da hegemonia política da burguesia do café” (BRASIL, 2013).

De acordo com Villaça (2010), pode-se dividir o segundo período em três subperíodos:

a) Urbanismo e Planos Diretores (1930-1965) – definido pela necessidade do planejamento e pela tentativa de se justificar a falta de solução para o “caos urbano” e “crescimento descontrolado”. São introduzidos planos para as duas maiores cidades brasileiras:

São Paulo e Rio de Janeiro, com enfoque para a infraestrutura, principalmente para saneamento e transportes;

b) Planejamento Integrado e Superplanos (1965-1971) – definido pelo distanciamento entre o plano e a realidade das cidades, ou seja, o distanciamento entre a proposta e sua possibilidade de implementação. Estes planos passaram a ser elaborados por escritórios privados, baseado em conceitos de globalidade, sofisticação técnica e interdisciplinaridade do planejamento;

c) Plano Sem Mapa (1971-1992) – período em que “os planos passam da complexidade, do rebuscamento técnico e da sofisticação intelectual para o plano singelo, simples – na verdade, simplório – feito pelos próprios técnicos municipais, quase sem mapas, sem diagnósticos técnicos”.

De 1992 ao século XXI

O terceiro período do planejamento urbano no Brasil, que se iniciou em 1992, é definido por uma resposta ao segundo, quando ocorre uma migração dos planos tecnocráticos para os planos políticos. Os projetos extrapolam as barreiras dos escritórios técnicos, de forma que seja discutida técnica e politicamente a cidade real, o que explicitou as suas necessidades e os diversos atores envolvidos (BRASIL, 2013).

Este período se enriqueceu em 2001, quando foi promulgada a Lei Federal n.º 10.257, denominada Estatuto da Cidade, que estabeleceu as diretrizes gerais da política urbana. A partir de então, buscou-se promover a função social da propriedade e a participação social, estabelecer instrumentos legais para assegurar o direito à cidade “de todos e para todos”, e propor a elaboração de um Plano Diretor Municipal elaborado de forma integrada e participativa (BRASIL, 2013).

Bonduki (2018) afirma que o protagonismo municipal é indispensável para a formulação da política urbana, mas o governo federal deve ter um papel ativo na determinação de uma pauta mínima a ser necessariamente incluída nos planos diretores municipais – o que exigiria um Estatuto da Cidade mais impositivo – tendo em vista a dificuldade política das prefeituras em temas como função social da propriedade, por exemplo.

2.2. Os impactos da urbanização sobre a drenagem

Independentemente de quaisquer teorias relacionadas ao crescimento populacional, o aumento da demanda pelo uso água tem sido um desafio do planejamento e desenvolvimento urbano: o desenvolvimento proporcional aos recursos hídricos existentes, o que representa riscos para um futuro próximo em razão dos impactos ambientais (ALONSO, 2018).

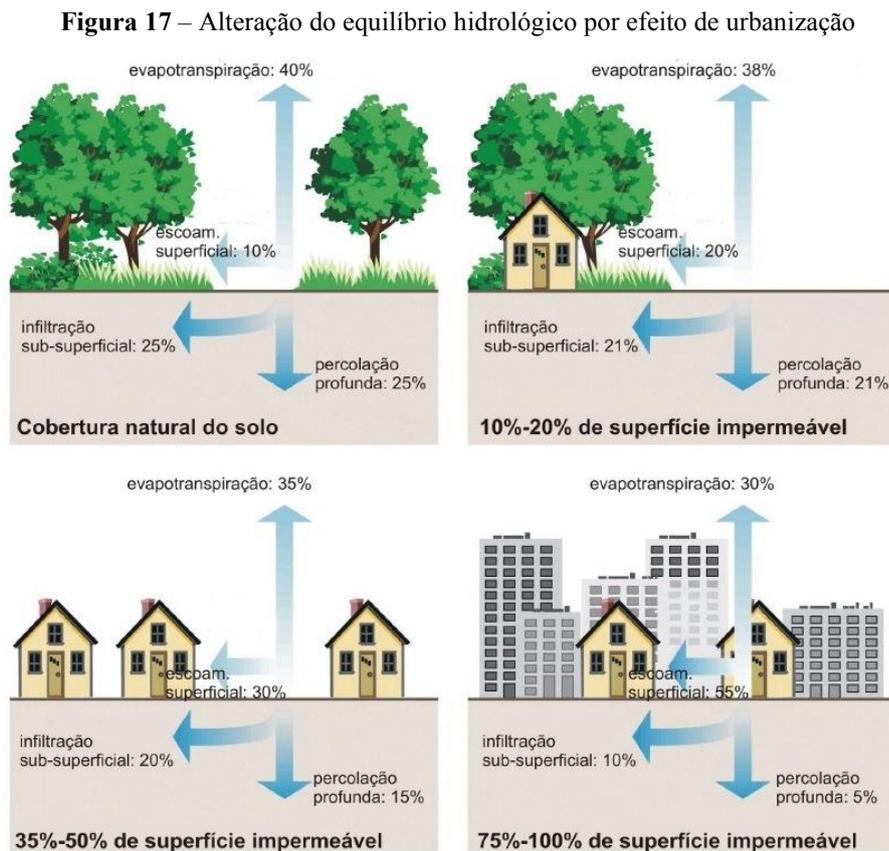
Os modelos de desenvolvimento urbano adotados no Brasil têm promovido diversos impactos negativos sobre o sistema de drenagem urbana. A impermeabilização da superfície decorrente do processo de urbanização da bacia hidrográfica e a alteração da drenagem natural, substituída por canais artificiais nas cidades, promovem um aumento nas vazões escoadas superficialmente e, conseqüentemente, diminuem a parcela de água capaz de infiltrar o solo (TUCCI e MARQUES, 2000).

O processo de desenvolvimento urbano trouxe diversas conseqüências no que concerne a água, segundo Tucci e Bertoni (2003), com destaque para:

- a contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos por efluentes urbanos como esgoto doméstico, pluvial e resíduos sólidos;
- a inadequada disposição de esgotos, águas pluviais e resíduos sólidos;
- a intensificação de processos erosivos e de sedimentação, com diversas áreas degradadas; e
- a ocupação de áreas ribeirinhas com elevado risco de inundação e áreas com grandes declividades, como morros, propensas a deslizamentos após períodos chuvosos.

Um dos principais efeitos da urbanização é a ocorrência de inundações urbanas, cujo processo se inicia pelo desmatamento de áreas vegetadas. Muitas vezes, o desmatamento é justificado pela “necessidade” imposta pela expansão urbana, seja pelo aumento populacional, devido a especulação imobiliária, por fatores econômicos e políticos, ou ainda por uma combinação desses fatores, com alteração de processos do ciclo hidrológico como: a infiltração, a evapotranspiração e o escoamento superficial (TUCCI e BERTONI, 2003).

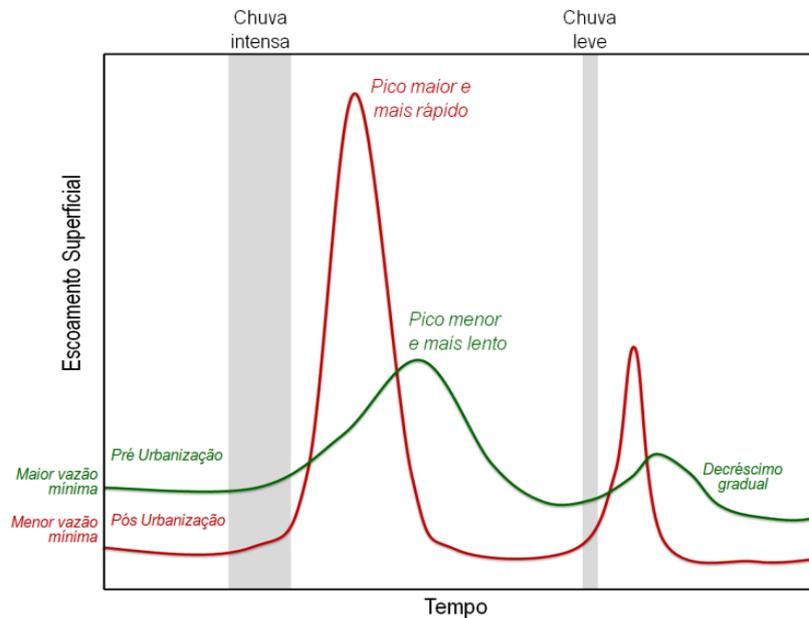
A alteração do equilíbrio hidrológico ocorre por conta da urbanização, em consequência da impermeabilização do solo e da retirada da cobertura vegetal, cuja função ecológica vai além de *habitat* (Figura 17). Sendo assim, a supressão da vegetação promove uma mudança no processo hidrológico local, aumento da parcela de água que passa a escoar superficialmente e, conseqüentemente, o solo exposto é erodido e escoado para os canais de drenagem (EPA, 2001).



Fonte: EPA, 2001.

A urbanização, acompanhada por uma intensa impermeabilização dos solos, aumenta significativamente o volume escoado, e diminui a infiltração da água no solo. Além disso, o aumento do escoamento superficial exige uma solução de engenharia hidráulica por meio da instalação de galerias de drenagem, que aumenta a possibilidade de ocorrência de inundações (MOTA, 1999).

De uma maneira geral, pode-se perceber a alteração do comportamento do escoamento superficial, antes e depois da urbanização, conforme demonstrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Escoamento superficial antes e depois da urbanização

Fonte: Mota, 1999.

Devido à urbanização, observa-se uma redução na vazão base, ou seja, a vazão nos períodos não chuvosos, provoca uma redução da infiltração e conseqüente recarga dos aquíferos. Durante o período chuvoso, ocorre um maior pico de vazão, já que grande parte da chuva passa a escoar superficialmente e, conseqüentemente, o limite da área de inundação do rio é alterado, de modo a afetar uma maior área (Figura 18) (TUCCI e MARQUES, 2000).

Figura 18 – Resposta da geometria do escoamento

Fonte: Tucci, 2003.

O sistema de drenagem pluviais gera impactos sobre as atividades urbanas e vice e versa, ou seja, também sofre impactos destas atividades. Dentre as relações existentes entre o sistema de drenagem e setores da gestão das cidades destacam-se (SOUZA *et al.*, 2007):

- **Planejamento Urbano** – alteração do uso dos solos reflete em um aumento dos volumes de águas escoado superficialmente;
- **Transportes** – a malha viária, geralmente, é projetada de forma a impermeabilizar o solo, com sistemas de drenagem de baixa qualidade devido ao vazamento de fluídos automotivos;
- **Limpeza Urbana** – deposição indevida de lixo, rejeitos e entulhos de diversas origens entopem os dispositivos de drenagem urbana, o que causa inundações urbanas e espalha o lixo que seria coletado, dificultando a operação de limpeza urbana;
- **Esgoto Sanitário** – conexões irregulares acabam por conduzir esgotos domiciliares nas redes de águas pluviais, o que gera redução da qualidade da água escoada, bem como aumento do volume conduzido, o que sobrecarrega o sistema projetado;
- **Abastecimento de Água** – transferência de água entre bacias para atender a demanda da população pode gerar um excedente hídrico a ser veiculado pelo sistema de drenagem, que pode não suportar este aporte; e
- **Setor Construtivo** – lançamento de sedimentos e material particulado, que reduzem a vida útil do sistema e deterioram a qualidade da água e assoreiam os corpos receptores.

De uma forma geral, um sistema de drenagem urbana considerado eficiente, precisa ser desenvolvido de modo que haja uma interrelação entre todos os setores de gestão da cidade, e relacionado, direta ou indiretamente, com a gestão das águas no espaço urbano (SOUZA *et al.*, 2007).

2.3. A integração entre o planejamento e a drenagem urbana no Brasil

Tucci (2002) tem mostrado que o gerenciamento dos recursos hídricos urbanos no Brasil e suas respectivas políticas de controle estão estruturadas em função de cada espaço de

abrangência, a partir de uma estrutura capaz de criar uma relação entre água, uso do solo e meio ambiente, nos âmbitos legal e de gestão, e em dois contextos espaciais distintos, a saber:

- a) os impactos que ultrapassam os limites do município, como a ampliação de enchentes e contaminação a jusante de sistemas hídricos (rios, lagos e reservatórios), devem ser controlados por padrões e regulações existentes em legislações ambientais e de recursos hídricos federal ou estadual; e
- b) os impactos que atingem o município, com consequências a sua própria população, requerem controle com medidas desenvolvidas localmente, e adoção de legislação municipal e proposições estruturais específicas.

Os Estados da Federação e a União podem estabelecer normas para o disciplinamento do uso do solo em busca da proteção ambiental, controle da poluição, saúde pública e segurança; bem como estabelecer limites de construção e operação dos canais de drenagem e a necessidade de licenças para obras hidráulicas (SILVEIRA, 2002).

As políticas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos delimitam normas legislativas sobre drenagem urbana relacionadas com o uso dos recursos hídricos, o uso do solo e o licenciamento ambiental, cuja principal ferramenta de controle é o Plano de Bacia Hidrográfica (RIO DE JANEIRO, 1999).

Quando se trata da gestão municipal, entende-se que deve existir uma legislação municipal específica, como o Plano Diretor Urbano, que aborda o uso do solo, as legislações ambientais e, menos comumente, a drenagem urbana (TUCCI, 2002).

Para Silveira (2002), existem diversos fatores que dificultam a modernização da drenagem urbana em países como o Brasil, com a inclusão do(a):

- novidade do enfoque ambiental em relação ao modelo higienista;
- processo de urbanização não possui controle efetivo (legal *versus* clandestino);
- contaminação do escoamento superficial;
- fatores climáticos, que agravam riscos epidemiológicos e agregam custos às obras;
- excessiva produção de sedimentos e lixo; e
- falta de interação com a população por parte da administração pública.

A principal ferramenta municipal capaz de reduzir as dificuldades na modernização dos mecanismos de gestão de escoamento das águas das chuvas e dos rios, sob o contexto da infraestrutura urbana, é o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), que permite a interrelação entre os usos do solo, controle ambiental e recursos hídricos, tanto internamente na cidade, quanto na bacia hidrográfica (TUCCI, 2002).

Segundo o relatório apresentado no *Workshop* em Drenagem Urbana Sustentável no Brasil, realizado em Goiânia em 7 de maio de 2003, a elaboração de um PDDU deve contemplar quatro etapas: concepção, medidas, produtos e programas, conforme disposto no Quadro 3 (PARKINSON *et al.*,2003).

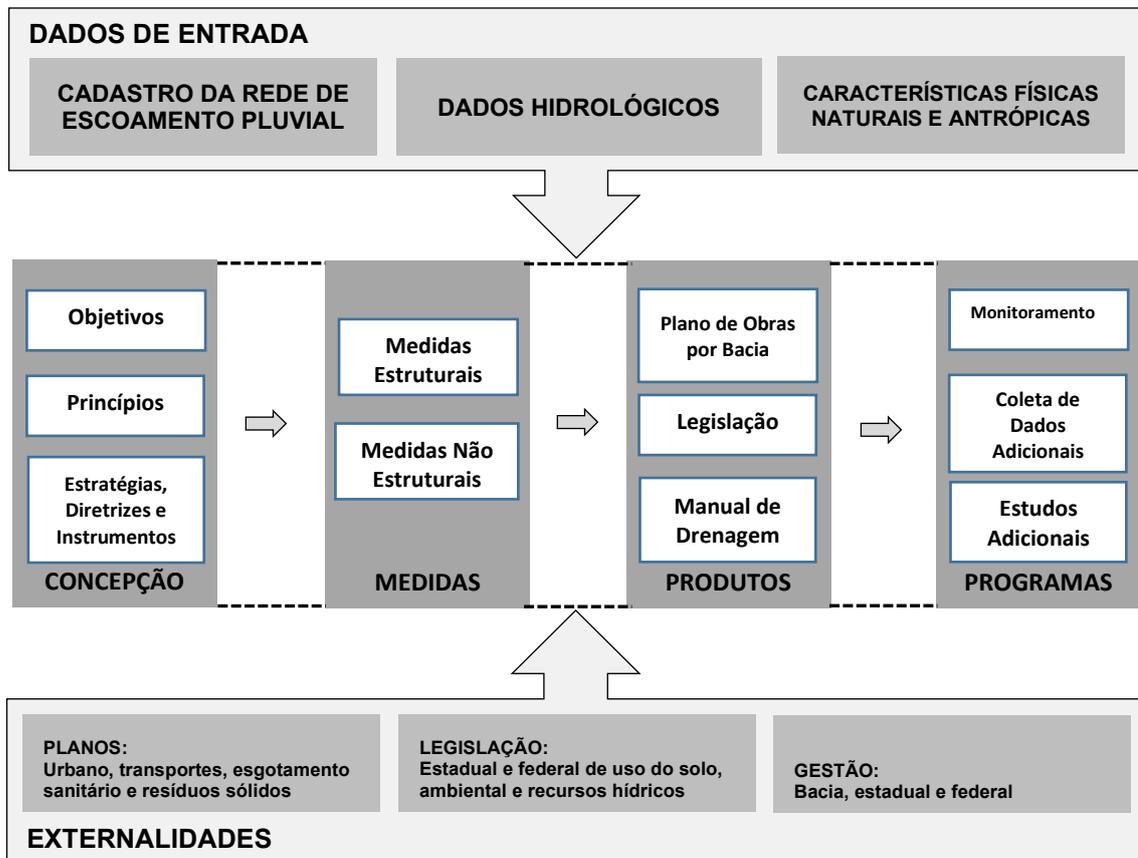
Quadro 3 – Etapas de elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana

Etapa 1	<u>Concepção</u> – levantamento dos dados existentes	Levantamento dos dados, englobando coleta de campo, diagnósticos e legislação pertinente.
Etapa 2	<u>Medidas</u> – diagnóstico da situação atual.	A partir do diagnóstico, na etapa de concepção do plano, medidas de caráter mais urgente já podem ser implementadas, enquanto o plano passa por um processo de detalhamento e aprovação.
Etapa 3	<u>Produtos</u> – proposições para ampliação e melhoria do sistema.	Após a definição das medidas de curto, médio e longo prazo, são trabalhados os produtos necessários à sua implementação: detalhamento dos planos de ação, planos de obras, legislação pertinente, manuais, etc.
Etapa 4	<u>Programas</u> – plano de ações e sistema de supervisão e controle	Programa de longo prazo, constando do que não foi contemplado no plano: o monitoramento, a coleta de dados adicionais e estudos adicionais. E para isto é preciso os planos de desenvolvimento urbano para se definir o cenário futuro da bacia a ser considerada.

Fonte: Adaptado do relatório apresentado por Parkinson *et al.* (2003).

Em resumo, o PDDU passa a ser o instrumento que vai orientar o poder executivo nas tomadas de decisão e definição de ações a curto, a médio e a longo prazo, tendo em vista que ele indica onde é mais importante estar atuando – não só em eventos de inundações, mas também em medidas estruturais da macrodrenagem em: contenções, encostas e cabeceiras das bacias (Figura 19).

Figura 19 – Resumo das etapas do Plano Diretor de Drenagem Urbana



Fonte: *Workshop em Drenagem Urbana Sustentável no Brasil, 2003.*

Os Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDU) e os Planos de Manejo de Águas Pluviais (PMAP) estabelecem diretrizes para a gestão das águas pluviais em uma bacia hidrográfica, no intuito de: reduzir o volume de escoamento, a velocidade, as taxas, a frequência e a duração dos alagamentos; minimizar os efeitos adversos ao meio ambiente; reduzir as perdas econômicas em caso de chuvas intensas; e melhorar as condições de saúde da população (VILLANUEVA *et.al.*, 2011 *apud* SEBBEN ONEDA, 2018).

Há déficit nos projetos de drenagem urbana relacionado à realidade local, sob aspectos técnicos, legais, sociais, financeiros e culturais, e que dificultam a adoção de novos conceitos para o desenvolvimento de planos integrados, em especial os de saneamento básico e desenvolvimento urbano, tendo em vista o monitoramento deficiente da expansão urbana e a falta de informação da população (SOUZA *et.al.*, 2013).

Canholi (2013) afirma que a execução de projetos de drenagem urbana no Brasil ainda é realizada em conformidade com conceitos clássicos algumas vezes já superados. Entretanto, há exemplos de cidades que buscam introduzir novos conceitos de gestão de águas pluviais a partir da revisão de seus planos diretores e da atualização do corpo técnico das prefeituras e órgãos estatais, como: Belo Horizonte, Porto Alegre, Rio de Janeiro e São Paulo.

Na realidade, a abordagem tradicional para os sistemas de drenagem urbana vem sendo complementada ou substituída por conceitos que buscam soluções sistêmicas, a partir de ações distribuídas ao longo da captação, na tentativa de recuperar os padrões de fluxo semelhantes aos anteriores à urbanização. Além disso, esses conceitos permitem combinar medidas de controle de inundação com intervenções na paisagem urbana, a fim de agregar valor aos espaços urbanos coletivos e de revitalizar áreas degradadas (MIGUEZ *et al.*, 2012).

2.4. O marco legal do planejamento e da drenagem urbana no Brasil

Conforme citado anteriormente, Villaça (2010) afirma que o planejamento urbano do Brasil se inicia na década de 1930, propriamente dita, marcada pelo pensamento do planejamento como técnica com embasamentos científicos, fundamental para a resolução dos “problemas urbanos”.

A legislação brasileira passa por diversas fases entre os anos de 1930 e 1970, já que durante esse período diversas Constituições foram promulgadas ou outorgadas (1934, 1937, 1946 e 1967), bem como a aprovação da Emenda n.º 1 de 17 de outubro de 1969, que alterou consubstancialmente a Constituição de 1967 e impôs a cassação dos direitos políticos brasileiros.

O marco da evolução da política de planejamento urbano no Brasil foi a edição da Constituição Federal de 1988, tendo em vista que sua elaboração teve uma participação popular sem precedentes na história do país. O Movimento Nacional de Reforma Urbana resultou na elaboração de uma emenda popular à CF88, que havia sido formulada, discutida, disseminada e assinada por mais de cem mil organizações sociais e indivíduos; e que propunha a autonomia dos municípios e a gestão democrática das cidades (CERQUEIRA, 2012).

Apesar de o Código das Águas (Decreto Federal n.º 24.643/1934) já tratar da responsabilidade dos municípios nas questões de manejo das águas pluviais em 1964, o planejamento de drenagem urbana era apresentado de maneira embrionária (CRUZ *et al.*, 2011).

Quando ocorreu a promulgação da CF88, a Lei Federal n.º 6.938/1981, que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente e cria o Sistema Nacional de Meio Ambiente já vigorava. Entretanto, as questões referentes a água só ficaram definidas por meio da promulgação da Lei das Águas (Lei Federal n.º 9.433/1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Naquela ocasião, a bacia hidrográfica foi adotada como a unidade territorial de atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a gestão descentralizada dos recursos hídricos permitiu, neste processo, a participação popular e de representações da sociedade civil (CERQUEIRA, 2012).

A Lei das Águas definiu as áreas de atuação de gerenciamento das águas pluviais no Brasil e instituiu que os cursos d'água são de responsabilidade do poder Estadual e Federal, sem explicitar a responsabilidade do poder Municipal, que já atuavam na gestão das águas pluviais, antes mesmo da Lei do Saneamento, como observado no Quadro 4.

Quadro 4 – Exemplos da atuação da legislação municipal na gestão da drenagem urbana no Brasil

Cidade	Ano	Assunto
Belo Horizonte	1996	Plano de Desenvolvimento Urbano – previa a possibilidade de impermeabilização total de áreas desde que compensada com a implantação de reservatórios na proporção de 30L/m ² (litros por metro quadrado) de área impermeabilizada.
Niterói	1997	Lei Municipal n.º 1.620 – regulamentava a aprovação de edificações residenciais unifamiliares e, no seu art. 19, definia o limite para a taxa de impermeabilização em 90% para a zona urbana, dispensando as edificações que apresentarem soluções de aproveitamento de águas pluviais.
Santo André	1997	A instituição de mecanismos do tipo “poluidor-pagador” e a Lei Municipal n.º 7.606 fixou a cobrança de taxa sobre o volume lançado no sistema de coleta de pluviais.
Rio de Janeiro	1998	Lei Municipal n.º 2.656 – dispõe sobre a criação, no âmbito do poder executivo municipal, da Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro (Rio-Águas).
Porto Alegre	1999	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA) – prevê a obrigatoriedade do controle das vazões geradas excedentes à condição de pré-ocupação da área.
Guarulhos	2000	O Código de Obras de Guarulhos (Lei Municipal n.º 5.617) prevê, desde o ano 2000, a obrigatoriedade do uso de reservatórios de retenção das águas pluviais para imóveis com área superior a 1ha (hectare), com a possibilidade de reutilização destas águas para rega de jardins, lavagens de passeio e para fins industriais adequados.
São Paulo	2001	Conselho Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CADES) através da Comissão Especial para a Elaboração de Estudos de Políticas Públicas para o Aumento da Permeabilidade do Solo Urbano alterou a Lei Municipal n.º 11.228/1992, para reservação de águas pluviais.
Curitiba	2003	Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações (PURA).
Rio de Janeiro	2004	Decreto Municipal n.º 23.940 – torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios de retardo no escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.
Curitiba	2006	Mecanismo de captação de águas pluviais nas coberturas das edificações.
Porto Alegre	2008	Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas.
Rio de Janeiro	2008	Regulamento n.º 7 do Decreto Municipal n.º 29.881 – trata da responsabilidade dos proprietários de terrenos ou imóveis pela conservação e limpeza dos cursos de água, valas, córregos ou riachos, canalizados ou não, e na manutenção do livre escoamento de suas águas.

Fonte: Adaptado de Silva (2015).

Sendo assim, o município fica excluído da guarda dos recursos hídricos, de acordo com o disposto no artigo 31 da Lei das Águas, ou seja, cabe ao poder executivo municipal

unicamente promover “a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos” (BRASIL, 1997).

O Governo Federal lançou em 2006 o Programa Drenagem Urbana Sustentável, com o objetivo de promover a gestão sustentável da drenagem urbana, em articulação com as políticas de desenvolvimento urbano, de uso e ocupação do solo e de gestão das respectivas bacias hidrográficas.

De acordo com este programa, os municípios precisam adequar sua legislação a fim de criarem condições mínimas de atendimento aos requisitos técnicos para estarem habilitados ao financiamento de ações prioritárias na gestão da drenagem urbana. O município precisa seguir os princípios do manejo sustentável das águas pluviais urbanas no seu Plano Diretor de Drenagem Urbana ou de Manejo das Águas Pluviais (BRASIL, 2012).

A Lei do Saneamento Básico (Lei Federal n.º 11.445/2007), institui a Política Federal de Saneamento Básico, e concebe o saneamento de forma integrada ao desenvolvimento urbano regional, à habitação, ao combate à pobreza, à proteção ambiental e à promoção da saúde pública, impondo novas exigências aos municípios brasileiros (BRASIL, 2007).

Desta forma, os municípios passam a ter a obrigatoriedade de elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico, a partir de um diagnóstico, com a definição de estratégias de universalização, metas e objetivos, da drenagem urbana, sob um processo participativo (controle social) e transparente (BRASIL, 2007).

Segundo Cerqueira (2012), a Lei de Saneamento Básico traz à tona uma discussão de conceitos antes não abordados nos instrumentos legais vigentes associados ao saneamento, como: o foco na eficiência e na sustentabilidade econômica dos sistemas, a transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados e, por fim, a integração da infraestrutura e dos serviços com a gestão dos recursos hídricos.

Cabe ressaltar, que a atualização do Marco Legal do Saneamento – promovida pela Lei Federal n.º 14.026 de 15 de julho de 2020 – alterou a Lei de Saneamento com o objetivo de aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no Brasil, e manteve a competência municipal da “disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas

pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado” (BRASIL, 2020).

PARTE II – GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS

3. A GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

A partir da segunda metade do séc. XX, a aceleração da urbanização promoveu uma grande concentração de pessoas em pequenos espaços, o que impactou os ecossistemas terrestre e aquático, bem como a própria população, que passou a sofrer com inundações, doenças e perda de qualidade de vida.

Viola (2008) afirma que estes impactos são resultado da falta de planejamento e controle do espaço urbano, que produzem um efeito direto sobre a gestão das águas urbanas, e comprometem a infraestrutura de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, das águas pluviais (drenagem urbana e inundações ribeirinhas) e dos resíduos sólidos.

O conceito de gestão das águas pluviais vem se modificando desde o fim do século passado, quando passou a assumir uma visão institucional e legal sobre recursos hídricos, e passa a fazer parte da gestão de águas urbanas, composta pela gestão das águas superficiais, subterrâneas e atmosféricas dentro do perímetro urbano (VIOLA, 2008).

3.1. A gestão das águas pluviais no Brasil

A gestão das águas no Brasil passou a ser considerada a partir das primeiras reflexões descritas no Código de Águas (1934), que poderia ser interpretado também como uma mudança na estratégia de governança hídrica da época. Antes de 1934, a água era compreendida como um recurso natural ilimitado que servia a atividades privadas. Com base nesta interpretação, as oligarquias do “café” e do “leite”, no poder durante a Primeira República (1889-1930), administravam os recursos hídricos basicamente com o foco de suprir as necessidades da produção agropecuária comercial e de subsistência (DRUMMOND e BARROS-PLATIAU, 2006).

O fim do domínio da gestão dos recursos hídricos pelas oligarquias se deu a partir do início da Era Vargas (1930-1945), quando no Governo Provisório (1930-1934), apoiado pelos militares, o controle sobre os recursos naturais passou para as mãos do Estado, a fim de fornecer os recursos necessários para o desenvolvimento não só agropecuário, mas também industrial. Desta forma, a água deixa de ser gerida como um recurso natural ilimitado e se transforma em

um bem público, cuja responsabilidade de regulação compete ao governo central (DRUMMOND e BARROS-PLATIAU, 2006).

A gestão das águas tinha como principal objetivo a geração de energia hidrelétrica e uso agrícola durante os diferentes regimes políticos que se seguiram a Era Vargas: os anos populistas (1946-1964) e a ditadura militar (1964-1985). Segundo Drummond e Barros-Platiau (2006), durante esse período, foram observadas poucas mudanças legais e as preocupações ambientais tinham um caráter praticamente secundário.

A Constituição Federal de 1988, que simboliza a transição do regime militar para o sistema de democracia representativa contemporâneo, permitiu um novo ordenamento jurídico brasileiro a partir do reconhecimento da importância da preservação dos recursos naturais e da restauração de ambientes danificados pela atividade humana – descrito dos artigos 20 a 24, e nos artigos 170 e 225 – de modo a estabelecer limites para a gestão das águas sobre os domínios entre os Estados e a União (BRASIL, 1988).

De acordo com a observação de Ken Conca (2006), a Lei das Águas (1997) resulta da reforma política e econômica iniciada após a ditadura militar, cujo processo de transição democrática gerou diferentes interpretações referentes à criação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), a saber:

- a deslegitimação do modelo de gestão das águas, que privilegiava os setores de energia, agricultura, transporte e outras demandas para o “desenvolvimento”, com pouca ou nenhuma atenção para os impactos socioambientais;
- a ordem constitucional pós-autoritarismo, que buscou ampliar os direitos dos cidadãos e “criou oportunidades para novos atores entrarem nos debates políticos nacionais”; e
- a descentralização econômica promovida pelo Plano Real (1994), que instalou uma nova moeda e um novo sistema monetário caracterizado por princípios neoliberais, permitindo uma maior interferência do setor privado.

Conforme apontado anteriormente, a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas foram tratados na Lei do Saneamento Básico (2007), com vistas à saúde pública e proteção ao meio ambiente. Os municípios passaram a ter a obrigatoriedade de elaborar o Plano Municipal de Saneamento Básico, realizando um diagnóstico, definindo estratégias de universalização; e estabelecendo metas e objetivos, sob um processo participativo (controle social) e transparente.

Em 15 de julho de 2020, o Marco Legal do Saneamento Básico foi atualizado pela promulgação da Lei Federal n.º 14.026, com o objetivo de alterar a Lei do Saneamento Básico sob o pretexto de aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no país. De uma maneira geral, a atualização não modificou diretamente as estratégias em relação às águas pluviais, porém incluiu a desobstrução e a limpeza de bueiros, bocas de lobo e correlatos, no escopo de serviços que poderão ser cobrados pelos municípios (BRASIL, 2020).

Vale mencionar que as águas pluviais no Brasil não eram tratadas como recursos hídricos até a alteração proposta pela Lei Federal n.º 13.501, em 30 de outubro de 2017, que incluiu o aproveitamento de águas pluviais como um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2017).

3.2. A Lei das Águas e a Política Federal de Saneamento Básico

A Lei das Águas (Lei Federal n.º 9.433/1997) e a Política Federal de Saneamento Básico (Lei Federal n.º 11.445/2007) são os marcos legais que representam um avanço nas questões da gestão das águas no Brasil, por meio da integração do planejamento urbano (uso e ocupação do solo) e o meio ambiente (sustentabilidade).

A Lei das Águas adota a bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Além disso, esta lei incentiva a gestão descentralizada dos recursos hídricos, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

A dominialidade das águas superficiais e subterrâneas do Brasil está definida nos artigos 20 (inciso III) e 26 (inciso I) da Constituição Federal de 1988, como sendo de competência administrativa da União, dos Estados e do Distrito Federal, por consequência. Apesar de os

Municípios terem sido excluídos da competência de dominialidade, a Lei das Águas os insere por meio da integração entre a gestão ambiental de uso e ocupação do solo e a gestão de recursos hídricos.

Tendo em vista que a Lei das Águas prevê uma aproximação das políticas de planejamento urbano às características ambientais locais, o município passa a desempenhar um papel decisivo na gestão, uma vez que a unidade mínima de planejamento urbano adotada seja a bacia hidrográfica; e o incentivo e a promoção da captação, da preservação e do aproveitamento das águas das chuvas passam a ser um dos objetivos na gestão dos recursos hídricos.

A Lei do Saneamento Básico (Lei Federal n.º 11.445/2007), que institui a Política Federal de Saneamento Básico, inseriu a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas, com vistas à saúde pública e proteção ao meio ambiente, no contexto da gestão municipal. Desta forma, a lei concebe o saneamento de forma integrada ao desenvolvimento urbano e regional, à habitação, ao combate à pobreza, à proteção ambiental e à promoção da saúde pública (CERQUEIRA, 2012).

Um dos maiores avanços previstos na Lei do Saneamento Básico está fundamentado no exercício democrático do controle social como ferramenta de gestão (artigos 2º e 3º), o que permite a participação da comunidade, e suas representações, nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento básico; e promovendo a universalização do acesso à melhoria da qualidade e a efetividade dos serviços prestados.

A Lei do Saneamento Básico, bem como a sua respectiva atualização de 2020, valoriza conceitos até então não abordados como: o foco na eficiência e na sustentabilidade econômica dos sistemas; a transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados; e, por fim, a integração da infraestrutura e dos serviços com a gestão dos recursos hídricos.

É possível observar que ambas as leis adotam a gestão integrada entre o planejamento urbano e os recursos hídricos como princípio básico, de modo que os municípios tenham um papel protagonista neste processo, tendo em vista a competência administrativa do uso e da ocupação do solo e a gestão das águas pluviais.

3.3. O controle social na governança local das águas pluviais

A nova ecologia urbana compreende o estudo das formas de projeção da sociedade e das funções econômico-sociais sobre o espaço e o ambiente das cidades, o que envolve a funcionalidade do organismo urbano em todos os sentidos. Diante desta condição, acadêmicos, técnicos e governantes devem aprimorar o conhecimento integrado dos ecossistemas urbanos (AB'SABER, 1995).

Apesar de observados progressos na participação democrática da sociedade nos instrumentos de decisão do poder público, ainda há lacunas a serem preenchidas, principalmente, no que diz respeito à inclusão social e transparência na gestão das águas pluviais urbanas no Brasil.

A ausência de democratização na gestão pública se torna ainda maior quando se compara o contexto urbano e rural, no atual quadro de distribuição do acesso ao abastecimento e saneamento de água, já que os interesses da sociedade civil no interior do país, ou nas áreas menos “desenvolvidas”, permanecem suprimidos pelo interesse do governo de suprir as necessidades de áreas urbanas (CLEAVER, 1999).

O cenário da falta de transparência se repete nos domínios das municipalidades, onde áreas urbanas e periurbanas apresentam as diferenças sociais típicas, e permite que determinados grupos dominem o processo decisório a partir da demonstração de conhecimento técnico-científico ou de poder político local.

Determinadas abordagens participativas, em países ditos “em desenvolvimento”, defendem que a simples “inclusão” de atores na mesa de decisão resultaria automaticamente no seu empoderamento e na construção de uma gestão democrática. Entretanto, é importante saber que os atores sociais não contam com a mesma habilidade de influenciar a decisão, não possuem o mesmo conhecimento técnico-científico sobre os processos em discussão e, até mesmo, não têm o mesmo interesse em comum (CLEAVER, 1999).

Os processos de governança local devem se preocupar com a capacidade do Estado em governar, onde as dimensões de comando, coordenação e implementação de políticas públicas são consideradas aspectos relevantes para o bom funcionamento dos arranjos de governança, sem desconsiderar a democratização da máquina pública, optando pelo controle social por meio

da descentralização, incentivo à parcerias-público-privadas, criação de conselhos setoriais e propondo um orçamento participativo (DINIZ, 1997).

Torres (2016) observa que a governança democrática brasileira herdou resquícios do domínio histórico do Estado sobre a participação do cidadão. É preciso perceber uma diferença entre os processos de democratização, que vislumbram a “abertura” do Estado à “sociedade civil”, e aqueles que prescrevem um papel ativo do Estado no processo de reestruturação das relações e assimetrias de poder na sociedade, evitando-se uma crise de governança.

Efetivamente uma crise de governança pode resultar não apenas da incapacidade do Estado em gerir ou implementar políticas públicas, mas também, da sua incapacidade de ser responsivo em relação às preferências dos cidadãos e às metas coletivas formuladas no jogo político (TORRES, 2016).

Em se tratando de governança das águas pluviais urbanas, pode-se diretamente citar a responsabilidade que a Lei do Saneamento Básico impõe aos municípios, que precisam se capacitar para atender à legislação, com Políticas Municipais de Saneamento Básico; a elaboração de planos locais ou em conjunto com outros municípios (consórcios); a implantação de órgãos reguladores com independência decisória, administrativa, orçamentária e financeira; a implementação de Conselhos Municipais de Saneamento Básico ou das Cidades; o cumprimento do disposto na Lei no que tange ao planejamento, regulação, controle social e direitos do consumidor em serviços de forma direta; e o estabelecimento de relações de contrato e avaliação econômico-financeira em serviços de forma indireta (concessão); tudo sob governança democrática e transparente (BRASIL, 2007).

Segundo Tucci (2004), a maior dificuldade para a implementação do planejamento integrado decorre da limitada capacidade institucional dos municípios para enfrentar problemas complexos e interdisciplinares e a forma setorial como a gestão municipal é organizada.

A solução ou minimização dos problemas relacionados a este setor, e aos demais, só é possível a partir da sensibilização da comunidade afetada a fim de se buscar as transformações desejadas e alterar o seu padrão de atitudes. Trata-se, portanto, de um convite à participação popular, que vai ao encontro da regulamentação e implantação das diretrizes nacionais estabelecidas pela Lei do Saneamento Básico (CERQUEIRA, 2012).

A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), instituída pela Lei Federal n.º 9.795/1999 e regulamentada pelo Decreto Federal n.º 4.281/2002, atribuiu não só ao poder público mas às instituições educativas, órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), aos meios de comunicação de massa, às empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas e à sociedade como um todo, o compromisso em atuar com ações educativas relacionadas às questões socioambientais (BRASIL, 1999).

Com base na PNEA e nos princípios apresentados pela Lei do Saneamento Básico, foi idealizado o Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento (PEAMSS), que permite uma intervenção conjunta entre os diversos atores da sociedade visando enfrentar a realidade do saneamento básico no Brasil, em que as injustiças socioambientais estão cada vez mais acirradas (BRASIL, 2009).

De acordo com o PEAMSS, é importante estabelecer convergências com outras políticas públicas e a otimização dos recursos investidos no setor, estimular os diversos atores sociais envolvidos a contribuir ativamente e aportar suas potencialidades e competências, em um permanente processo de construção coletiva.

Entre as diretrizes do PEAMSS, pode-se listar o(a):

- participação comunitária e o controle social;
- possibilidade de articulação;
- ênfase na escala da localidade;
- orientação pelas dimensões da sustentabilidade;
- respeito às culturas locais; e
- uso de tecnologias sociais sustentáveis.

Nesse processo, a constituição ou ocupação qualificada de conselhos municipais existentes, como espaços de interlocução e articulação entre diferentes atores sociais, apresenta-se como um desafio e como oportunidade de democratização no sentido do fortalecimento da sociedade civil.

Os atores sociais identificados pelo PEAMSS se agrupam como: sociedade civil organizada, escolas, gestores públicos, universidades, centros de pesquisa, escolas técnicas,

movimentos sociais, parlamentares, técnicos e companhias de saneamento, agentes comunitários e o setor privado (BRASIL, 2009).

Uma outra ferramenta comumente utilizada para aumentar a participação social é a prática do Orçamento Participativo, no qual a prefeitura municipal aprova seu orçamento anual após discussão com a população, o que aumenta a colaboração e compreensão da comunidade acerca dos problemas que afligem o município, incluindo, no caso da drenagem urbana, a ocorrência de enchentes e a importância de seu amortecimento (PARKINSON *et al.*, 2003).

Ainda segundo Parkinson *et al.* (2003), uma outra prática de inclusão da população no manejo do sistema de drenagem urbana pode ser observada na implementação de um sistema de alerta de enchentes e inundações, principalmente quando não há disponibilidade de recursos para sua execução. Esta prática consiste em uma rede de alerta, que deve estar ligada ao sistema da Defesa Civil, e que, dada a previsão meteorológica de um evento pluviométrico com magnitude expressiva, avisa a população e executa um plano de retirada, diminuindo o risco de fatalidades durante a ocorrência de fortes chuvas.

Apesar de observados avanços na participação da sociedade nos processos de gestão, a autonomia legislativa dos municípios ainda precisa ser provocada no intuito de criar e aprovar políticas de expansão urbana, que incluam a manutenção dos dispositivos de drenagem urbana de domínio público, levando em conta os critérios básicos de conservação dos recursos hídricos disponíveis e de captação e reservação das águas pluviais de forma sustentável (MARYLAND, 2000).

3.4. A situação da Política Municipal de Saneamento Básico no Brasil

De uma maneira mais específica, a Lei do Saneamento Básico (2007) trata dos quatro serviços de saneamento: o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas, com vistas à saúde pública e proteção ao meio ambiente, no contexto da gestão municipal.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) é o instrumento de investigação das condições do saneamento básico do Brasil, por meio das informações fornecidas pelos

municípios existentes na data de referência da pesquisa e pelas empresas contratadas para a prestação de serviços de saneamento (IBGE, 2018).

A PNSB, de cobertura nacional, permite não só efetuar uma avaliação da oferta e da qualidade dos serviços prestados, bem como analisar as condições ambientais e suas implicações diretas com a saúde e a qualidade de vida da população brasileira, levando em conta os quatro componentes estabelecidos pela Lei de Saneamento Básico.

Os dados da PNSB são disponibilizados pelo Banco Multidimensional de Estatísticas (BME) do IBGE, e enfocam questões como:

- a captação, a adequação da qualidade e o fornecimento da água através de rede geral de distribuição, incluindo formas alternativas de abastecimento das populações;
- a extensão das redes de esgotamento sanitário e os aspectos do tratamento do esgoto;
- a extensão das redes de drenagem urbana e os pontos de lançamentos; bem como fatores agravantes de inundações, alagamentos e erosões nos municípios; e
- o volume, a frequência da coleta e o destino final do lixo, com abrangência na coleta de resíduos sólidos especiais, entre outras informações.

O conjunto das informações disponíveis na PNSB reflete as diferentes realidades do Brasil e possibilita identificar as carências existentes nos municípios brasileiros relativas ao saneamento básico, contribuindo para a adoção de métodos, técnicas e processos orientados para a melhoria da qualidade de vida das populações, segundo as peculiaridades locais e regionais (IBGE, 2018).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), criado em 1996, é o maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento brasileiro, e que contém informações e indicadores sobre a prestação de serviços de: água e esgotos, manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2019).

O SNIS é uma unidade de abrangência nacional vinculada à Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), que reúne informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-

financeiro, contábil e de qualidade da prestação de serviços de saneamento básico, com os objetivos:

- planejamento e execução de políticas públicas;
- orientação da aplicação de recursos;
- conhecimento e avaliação do setor saneamento;
- avaliação de desempenho dos serviços;
- aperfeiçoamento da gestão;
- orientação de atividades regulatórias e de fiscalização; e
- exercício do controle social.

A Figura 20 representa os cinco grupos de indicadores de gestão do SNIS, que contém as informações e os dados anualmente coletados dos municípios e dos prestadores de serviços de saneamento, com o objetivo de elaborar os diagnósticos estruturados nos quatro serviços de saneamento e disponibilizá-los para a sociedade.

Figura 20 – Grupos de indicadores de gestão do SNIS



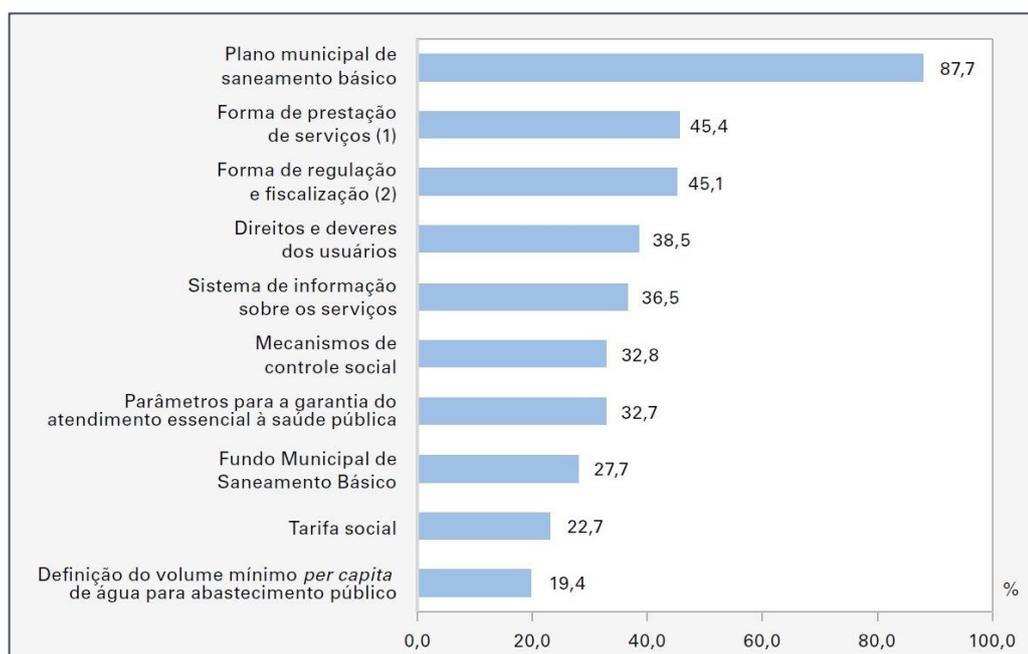
Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2019).

A PNSB realizada em 2018 permitiu visualizar a situação da Política Municipal de Saneamento Básico no Brasil, por meio da divulgação do Perfil dos Municípios Brasileiros de 2017, que obteve dados municipais referentes:

- ao mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos;
- ao levantamento de vias públicas com redes e canais pluviais subterrâneos;
- ao sistema de drenagem em modelo unitário (misto com esgotamento sanitário) *versus* sistema exclusivo (separador absoluto);
- aos domicílios sob risco de inundações; e
- ao número de eventos hidrológicos impactantes (inundações, enxurradas e alagamentos).

A Figura 21 representa a proporção dos 2.125 municípios brasileiros, que prestaram informações e possuem Política Municipal de Saneamento Básico, de acordo com os aspectos estabelecidos no Decreto Federal n.º 7.217/2010, bem como a menção a um Fundo Municipal de Saneamento Básico e a existência de uma tarifa social¹⁰ para os usuários dos serviços no município (IBGE, 2018).

Figura 21 – Proporção de municípios brasileiros segundo aspectos da Política Municipal de Saneamento Básico



Legenda:

(1) Serviços de saneamento básico e/ou definição do prestador de serviços.

(2) Serviços de saneamento básico e/ou definição do órgão responsável pela regulação e fiscalização.

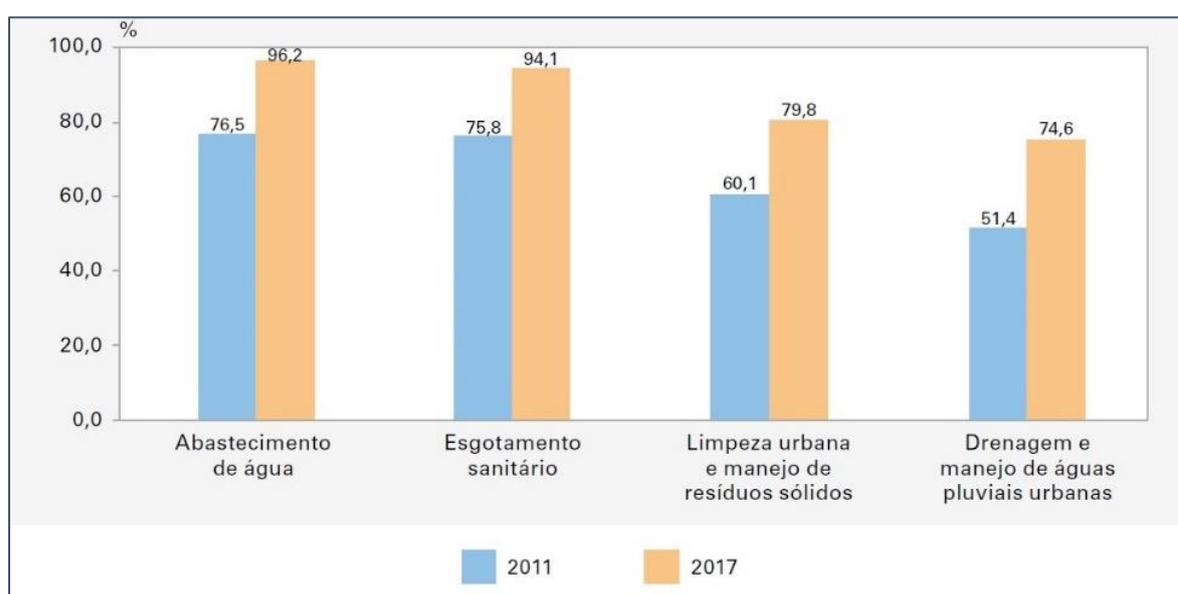
Fonte: IBGE, 2018.

¹⁰ Tarifa social é o subsídio dado a grupos populacionais ou localidades específicas por meio de tarifas diferenciadas.

A maior parte das Políticas informadas contempla o Plano Municipal de Saneamento Básico (87,7%), seguido das formas mais comuns de prestação dos serviços (45,4%), diretamente ou por delegação; e de regulação e fiscalização (45,1%), por designação do ente responsável. Os aspectos menos contemplados foram o Fundo Municipal de Saneamento Básico (27,7%) e a tarifa social (22,7%), que não são especificados na legislação como conteúdo das Políticas; e finalmente a definição do volume mínimo *per capita* de água para abastecimento público (19,4%).

Entre 2011 e 2017, os Planos Municipais de Saneamento Básico ampliaram a proporção de abrangência dos quatro serviços componentes da Lei de Saneamento Básico, conforme observado na Figura 22.

Figura 22 – Proporção de PMSB conforme os quatro serviços componentes (2011/2017)



Fonte: IBGE, 2018.

Os planos tornaram-se mais completos em 2017, ampliando informações sobre os serviços de: abastecimento de água e esgotamento sanitário (mais de 90%), limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (79,8%) e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (74,6%).

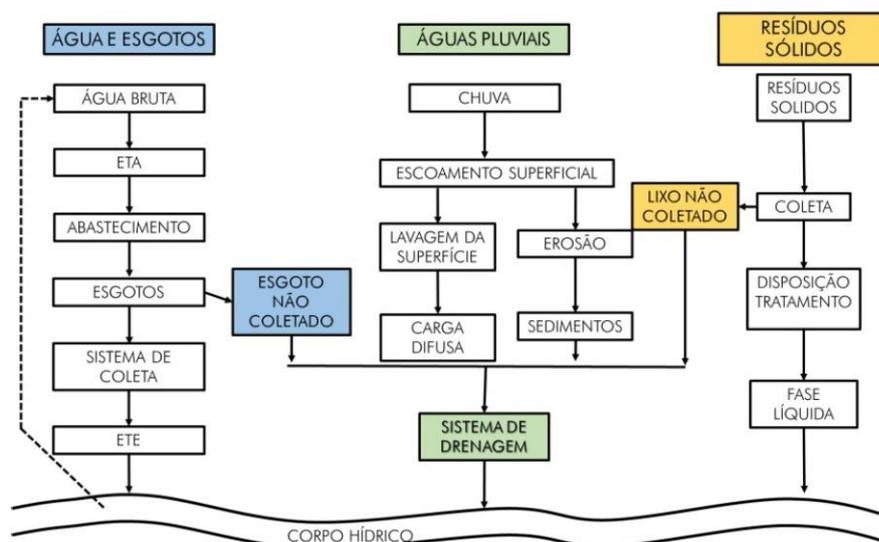
Em 2019, o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) publicou o 3º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas (DMAPU), que aborda aspectos estruturais e estruturantes da prestação de serviço de drenagem e manejo de águas pluviais como: a infraestrutura existente, o planejamento e a gestão dos sistemas, os impactos da ausência dos serviços sobre a população e os aspectos econômicos e financeiros (BRASIL, 2019).

De acordo com esse diagnóstico, é possível identificar como as cidades brasileiras têm considerado a gestão das águas pluviais na Política Municipal de Saneamento Básico, por meio dos indicadores gerados pelas informações primárias coletadas junto aos municípios e em fontes de dados externas, bem como têm discutido as especificidades dos serviços de DMAPU, como por exemplo:

- a responsabilidade pela gestão do sistema de águas pluviais;
- as deficiências de gestão da infraestrutura;
- a carência de dados, de normas técnicas e de padronização da terminologia referente às águas pluviais;
- o domínio dos corpos hídricos, o território de planejamento e o espaço adequado para as águas pluviais;
- as externalidades (relevo, impermeabilização do solo, geologia, regime dos corpos hídricos, etc.);
- a percepção da eficiência do sistema de águas pluviais;
- o risco admissível e o sistema de prevenção e alerta; e
- os impactos locais da política do uso e ocupação do solo e em municípios a jusante.

Os sistemas de drenagem das águas pluviais sofrem impactos diretos dos serviços de esgotamento sanitário e de resíduos sólidos, conforme ilustrado na Figura 23. De uma maneira geral, o sistema de drenagem deve coletar e conduzir a água proveniente das precipitações e desaguá-la nos corpos hídricos.

Figura 23 – Representação do fluxo de esgotos e resíduos sólidos não coletados no sistema de drenagem

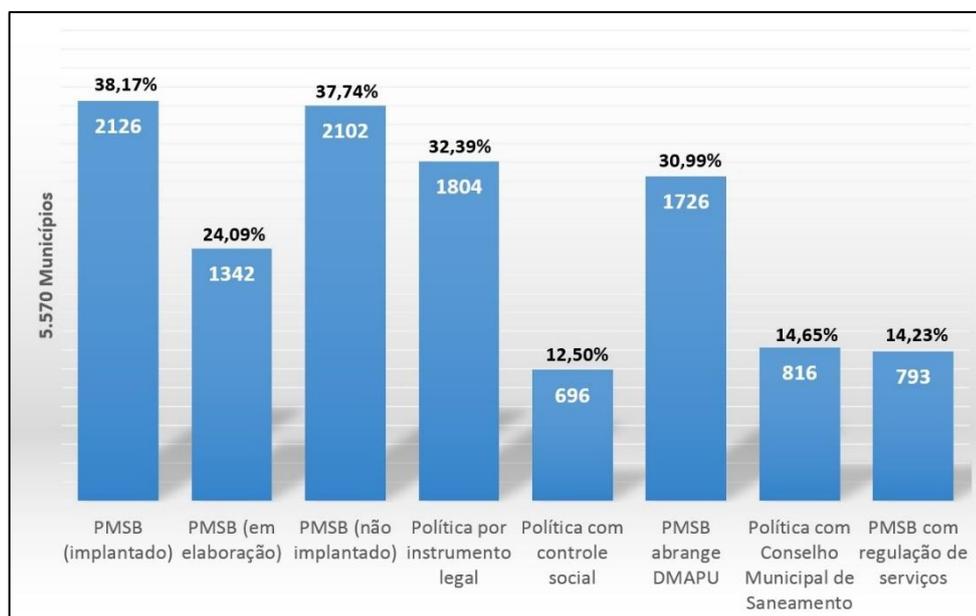


Fonte: Terceiro DMAPU (BRASIL, 2019)

Pode-se perceber a poluição direta dos mananciais quando a rede de drenagem é utilizada como rede de esgotamento sanitário, já que o sistema de drenagem não dispõe de mecanismo de controle da qualidade da água que é desaguada nos corpos hídricos. O mesmo ocorre quando o manejo dos resíduos sólidos urbanos não é realizado de maneira adequada, pois os resíduos não coletados e os sedimentos presentes na rede de drenagem reduzem a capacidade do sistema de drenagem, resultando em possíveis eventos extremos, como os alagamentos.

Além disso, no caso de uma rede de drenagem não projetada como sistema unitário, ou seja, compartilhada com uma rede de esgotos, o fluxo de água por eventos hidrológicos provoca um maior volume de entrada na estação de tratamento, causando sobrecarga no sistema de esgotamento sanitário, pois esta não é planejada para receber água das chuvas, mas sim o volume de esgotos gerados (BRASIL, 2019).

A publicação do Terceiro DMAPU permitiu construir uma fotografia ampliada dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais no Brasil, bem como permitiu verificar a implantação das Políticas Municipais de Saneamento Básico nos 5.570 municípios brasileiros (Figura 24).

Figura 24 – Perfil dos Municípios Brasileiros

Fonte: IBGE, 2018.

De acordo com a base de dados municipais do IBGE de 2018, pode-se observar que 38,17% (Coluna 1) do total de municípios brasileiros possui o PMSB implantado e 24,09% (Coluna 2) estão em fase de elaboração, enquanto 37,74% (Coluna 3) ainda não iniciaram o processo de implantação. Cabe ressaltar que 32,39% (Coluna 4) dos municípios, que implantaram o PMSB, possuem Política Municipal de Saneamento Básico instituída por algum instrumento legal, seja por lei, decreto, portaria ou por qualquer outro instrumento.

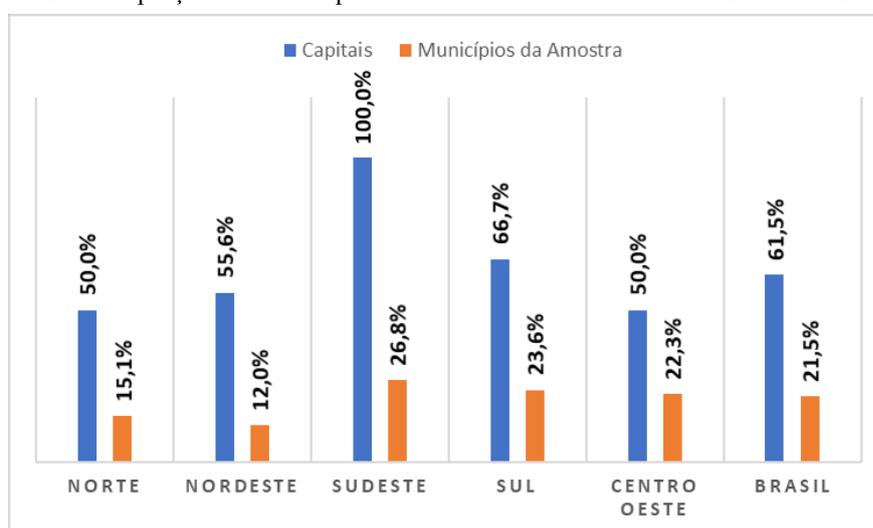
Pode-se, também, verificar que 30,99% (Coluna 6) dos municípios abrangem a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas no PMSB, porém somente 14,23% (Coluna 8) possuem algum tipo de regulação dos serviços de saneamento. Além disso, enquanto 14,65% (Coluna 7) dos municípios têm, exclusivamente, Conselho Municipal de Saneamento como instrumento da Política Municipal de Saneamento Básico; 12,50% (Coluna 5) exercitam o controle social e a participação democrática, em outros conselhos municipais afins, como: Desenvolvimento Urbano, Saúde, Meio Ambiente, entre outros.

As bases para o planejamento e a gestão eficiente dos sistemas de DMAPU de uma cidade passam, obrigatoriamente, pelo cadastro técnico de obras lineares e pela existência ou não de Plano Diretor de Drenagem (PDD). O cadastro técnico permite conhecer a capacidade

hidráulica dos diversos componentes do sistema (captações, galerias, reservatórios, etc.) e a compatibilidade com as demandas. O PDD é o instrumento que permite planejar a distribuição da água no tempo e no espaço para evitar prejuízos econômicos e financeiros além de controlar a ocupação de áreas de risco de inundação (TUCCI, 2002).

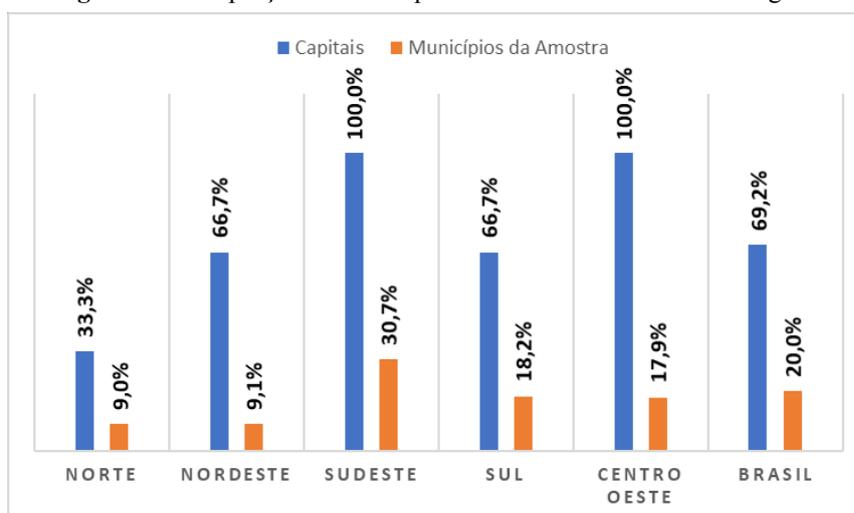
A Figura 25 e a Figura 26 mostram duas situações a serem destacadas no Brasil: (i) apenas 21,5% dos municípios da amostra dispõem de cadastro técnico de obras lineares e 20,0% possuem Plano Diretor de Drenagem; e (ii) nas capitais, esses valores se modificam para 61,5% e 69,2%, respectivamente.

Figura 25 – Proporção dos municípios com cadastro técnico de obras lineares de DMAPU



Fonte: IBGE, 2018.

Figura 26 – Proporção de municípios com Plano Diretor de Drenagem



Fonte: IBGE, 2018.

A implantação de Políticas Municipais de Saneamento Básico no Brasil ainda enfrenta dificuldades em suas equipes técnicas, o que tem alterado os prazos finais de elaboração dos planos, a saber: do exercício financeiro de 2014 (Decreto n.º 7.217/2010) para 31 de dezembro de 2015 (Decreto n.º 8.211/2014), 31 de dezembro de 2017 (Decreto n.º 8.629/2015), 31 de dezembro de 2019 (Decreto n.º 9.254/2017) e 31 de dezembro de 2022 (Decreto n.º 10.203/2020).

Os resultados mostram que a gestão dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais carece de informações sobre cadastro das obras lineares e de PDD. Isto se confirma ao se observar que praticamente dois-terços dos municípios, com PDD ou em elaboração, não possuem cadastro técnico de obras lineares. Portanto, esses municípios apesar de contemplarem a gestão das águas pluviais, desconhecem os sistemas de drenagem existentes.

Observa-se que a maioria dos municípios brasileiros endereça as questões referentes ao DMAPU para secretarias, órgãos, autarquias ou empresas públicas, que tratam exclusivamente de obras de engenharia de infraestrutura (civil, hidráulica, etc.), sem considerar o caráter da universalidade do saneamento básico, o controle social e a participação democrática na gestão das águas pluviais.

O Quadro 5 apresenta um resumo do panorama geral do comportamento da Política Municipal de Saneamento Básico das capitais da federação e do Distrito Federal, de acordo com os aspectos:

- a existência ou não de PMSB ou Plano Distrital de Saneamento;
- a abrangência do plano em relação aos serviços do DMAPU;
- a existência de algum mecanismo de controle social, como Conselho Municipal de Saneamento ou outro que participe da gestão de saneamento básico; e
- em qual órgão público fica situada a responsabilidade da gestão das águas pluviais.

Quadro 5 – Panorama das capitais brasileiras e do Distrito Federal quanto ao PMSB

	Região Município/UF	PMSB	Controle Social	DMAPU	Órgão público de gestão de DMAPU
Norte	Manaus/AM		X		Secretaria Municipal de Infraestrutura
	Belém/PA	X			Secretaria Municipal de Saneamento
	Rio Branco/AC				Serviço de Água e Esgoto
	Macapá/AP				Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura Urbana
	Boa Vista/RR	X		X	Secretaria Municipal de Serviços Públicos e Meio Ambiente
	Palmas/TO	X	X	X	Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos
Nordeste	São Luís/MA		X		Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos
	Fortaleza/CE	X		X	Secretaria Municipal do Urbanismo e Meio Ambiente
	Natal/RN		X		Secretaria Municipal de Obras Públicas e Infraestrutura
	Recife/PE	X	X	X	Secretaria Municipal de Saneamento
	Salvador/BA	X			Secretaria Municipal de Infraestrutura e Obras Públicas
	Maceió/AL				Secretaria Municipal de Infraestrutura
	João Pessoa/PB	X	X	X	Secretaria Municipal de Infraestrutura
	Teresina/PI		X		Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano
Aracaju/SE				Empresa Municipal de Obras e Urbanização	
Centro-oeste	Distrito Federal/DF*	X	X	X	Secretaria de Estado de Obras e Infraestrutura do DF
	Goiânia/GO		X		Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Urbanos
	Cuiabá/MT	X	X		Secretaria Municipal de Obras Públicas
	Campo Grande/MS	X	X	X	Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos
Sudeste	São Paulo/SP	X	X	X	Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras
	Rio de Janeiro/RJ	X	X	X	Fundação Instituto das Águas do Rio de Janeiro (Rio-Águas)
	Belo Horizonte/MG	X	X	X	Secretaria Municipal Obras e Infraestrutura
	Vitória/ES	X	X	X	Secretaria Municipal de Obras e Habitação
Sul	Curitiba/PR	X		X	Secretaria Municipal de Obras Públicas
	Florianópolis/SC	X	X	X	Secretaria da Infraestrutura
	Porto Alegre/RS	X		X	Secretaria Municipal de Serviços Urbanos

Fonte: Adaptado do Perfil dos Municípios Brasileiros (IBGE, 2017), com as informações das prefeituras municipais e do Distrito Federal, 2020.

*Distrito Federal – Órgãos distritais e secretarias de estado do DF

4. MODELOS DE GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

A gestão das águas pluviais em áreas urbanas passou a ser um desafio para qualquer cidade, visto que o impacto das águas de drenagem sobre os ecossistemas humanos e aquáticos produz alterações de natureza antrópica, como: inundações, enchentes e alagamentos em áreas urbanas, deslizamento de encostas, poluição de mananciais e de corpos receptores, impermeabilização do solo, entre outras.

O uso de tecnologias sustentáveis de drenagem urbana é consideravelmente recente, sob o conceito americano de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID – *Low Impact Development*), ou a abordagem australiana de Desenho Urbano Sensível à Água (WSUD – *Water Sensitive Urban Design*), e neozelandesa de Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LIUDD – *Low Impact Urban Design and Development*), ou ainda a visão britânica de Sistemas de Drenagem Sustentáveis (SuDS – *Sustainable Drainage Systems*) (FLETCHER *et al.*, 2014).

Tem-se observado que os países que optam por métodos sustentáveis não-convencionais de sistemas de águas pluviais, apresentam uma performance ambiental bastante satisfatória, com a: redução da geração de poluentes e de sedimentos, manutenção de áreas vegetadas (áreas verdes) e diminuição da impermeabilização do solo.

Nesse sentido, estimulam-se novas oportunidades de controle do escoamento, além de proporcionar melhoria no *habitat* em regiões estuárias, na biodiversidade e no clima local, bem como traz benefícios econômicos e sociais.

Entende-se, ainda, que a decisão de se implantar um modelo sustentável deve ser o resultado de uma construção democrática, onde os *stakeholders* envolvidos possam atuar na legitimidade das ações e no papel direto ou indireto na gestão das águas e nos resultados, tal como deve ser a ação dos municípios na gestão das águas pluviais.

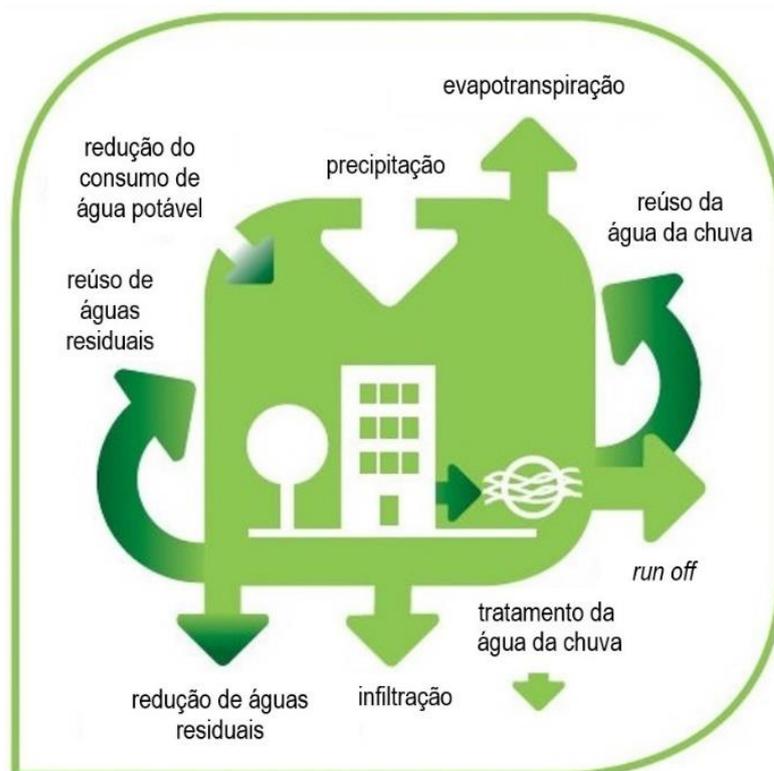
Os municípios devem resgatar as suas atribuições enquanto agentes de políticas locais, buscar as peças legislativas existentes, e criar outras novas, capazes de credenciá-los na elaboração de agendas – urbanas e ambientais – que priorizem uma gestão das águas pluviais sustentável, com vistas à inclusão social como instrumento de gestão.

4.1. Drenagem sustentável – a mudança de foco

Estados Unidos da América, Austrália, Nova Zelândia e Reino Unido são países que têm modificado o foco sobre a drenagem, na mudança de “problema” para “oportunidade”. Há modelos de gestão das águas da chuva sendo implementados com o objetivo de reduzir os impactos em áreas urbanas, com a criação de soluções alternativas para a captação das águas das chuvas, como: suprimento adicional de água, aumento da biodiversidade e melhoramento do microclima local (ASHLEY *et al.*, 2013).

Este enfoque permite um balanço hídrico das cidades sensível às águas das chuvas (Figura 27), com performance ambiental satisfatória, de modo a: reduzir a geração de poluentes e de sedimentos; estimular a manutenção de áreas vegetadas (áreas verdes e *wetlands*), de valas e de trincheiras de infiltração; diminuir a impermeabilização do solo pelo uso de pavimentos permeáveis; estimular a implantação de telhados verdes, jardins de chuva, paredes verdes, com melhorias no *habitat* de regiões estuárias, na biodiversidade local; e trazer benefícios econômicos e sociais (EASON *et al.*, 2003).

Figura 27 – Balanço hídrico para uma cidade sensível às águas pluviais



Fonte: Adaptado de *National League of Cities*, NLC (2020).

O sucesso na implantação destes novos modelos de gestão das águas passa obrigatoriamente pelo comprometimento do poder público e participação da comunidade. Os resultados desta transversalidade podem ser observados em estudos de implementação de “ecotécnicas”, cujos modelos são iniciativas desejáveis de serem incorporadas a qualquer projeto político pedagógico local (PIMENTEL DA SILVA e NEFFA, 2015).

Gutierrez e Ramos (2019) afirmam que a publicização das técnicas sustentáveis junto aos profissionais de Arquitetura e Urbanismo, em conjunto com os de Engenharias, bem como dos empreendedores, incentiva sua utilização nos projetos de drenagem contribuindo para a drástica diminuição da vazão direcionada para a macrodrenagem, com vistas ao crescimento urbano de forma ordenada e de menor impacto ambiental.

Observou-se, ainda, que os custos de investimento e de manutenção dos sistemas de drenagem convencionais são muito elevados e os impactos ambientais em áreas costeiras e nas bacias hidrográficas urbanas são constantes, como: a impermeabilização do solo, carreamento de contaminantes, assoreamento, contaminação do solo, instabilidade de encostas, degradação da qualidade da água de corpos hídricos, etc. (EASON *et al.*, 2003)

De uma maneira geral, os sistemas de drenagem urbana de baixo impacto, como o LIUDD e WSUD, têm se tornado métodos cada vez mais populares, tendo em vista a necessidade de se reduzir as adversidades hidrológicas e os efeitos negativos sobre a qualidade da água; bem como o propósito de deter, reservar, infiltrar ou tratar o escoamento superficial urbano, na redução do impacto do desenvolvimento urbano (urbanização) sobre a bacia hidrográfica (WONG *et al.*, 2002).

4.2. Metodologias de drenagem urbana de baixo impacto ambiental

Os novos modelos de gestão de drenagem urbana têm atribuído um valor ambiental às águas pluviais, já que minimiza os problemas de inundações em áreas urbanas e disponibiliza as águas das chuvas como recurso hídrico de usos múltiplos. Esses modelos promovem uma reestruturação dos sistemas existentes, por meio da inserção do conceito de urbanismo de baixo impacto.

A drenagem de águas pluviais em áreas urbanas tornou-se um desafio devido ao rápido crescimento das cidades, a remoção de vegetação, a redução da eficácia da infraestrutura de drenagem e, também, às mudanças climáticas. Os sistemas de drenagem urbana sustentáveis e resilientes exigem o conhecimento da hidrologia urbana a fim de se obter resultados ótimos, a partir do efeito combinado das mudanças climáticas, padrões de uso da terra, reutilização, tratamento, ecologia e aspectos sociais (RENTACHINTALAA *et al.*, 2022).

O Quadro 6 apresenta algumas metodologias internacionais de drenagem urbana de baixo impacto, consideradas nesta tese, e utilizadas em diversas cidades de países centrais, de acordo com: os conceitos básicos, os países de origem, os cientistas associados a cada conceito e as características gerais de cada metodologia, definidas pelos cientistas correspondentes.

Quadro 6 – Metodologias internacionais de drenagem urbana de baixo impacto

Sigla ¹¹	Conceito Básico ¹²	País de Origem	Cientista(s) Associado(s) ¹³	Características
LID	Desenvolvimento de Baixo Impacto	Estados Unidos da América	Larry S. Coffman	Representa um conjunto de princípios e técnicas inovadoras, cujos objetivos são a concepção de um cenário urbano menos impactante ao ciclo hidrológico e que contribua para a preservação dos aspectos quantitativos e qualitativos da água, com vistas a minimizar as alterações antrópicas e seus desdobramentos ou, até mesmo, restaurar as condições ambientais pré-existentes à ocupação humana (COFFMAN, 2002).
LIUDD	Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto	Nova Zelândia	Marjorie Van Roon e Henri Van Roon	Foca uma nova forma de urbanismo, por meio da adoção do princípio da sustentabilidade aplicado aos níveis físico econômico e social, com a proposta de estabelecer mecanismos de drenagem natural em detrimento das canalizações, bem como procura amenizar os processos erosivos e de acúmulo de sedimentos. (VAN ROON e VAN ROON, 2005).
WSUD	Desenho Urbano Sensível à Água	Austrália	Sara D. Lloyd	abrange todos os aspectos da gestão integrada do ciclo da água urbana, incluindo a captação, o tratamento das águas pluviais e águas residuais para complementar o abastecimento

¹¹ Nesta tese, optou-se por manter as siglas em inglês, apesar de serem encontradas versões traduzidas em alguns trabalhos científicos. Do inglês: LID – *Low Impact Development*; LIUDD – *Low Impact Urban Design and Development*; WSUD – *Water Sensitive Urban Design*; e SuDS – *Sustainable Drainage Systems*.

¹² Tradução do inglês das siglas das metodologias internacionais de urbanismo de baixo impacto.

¹³ Segundo Van Roon (2007), as metodologias internacionais são encaradas como sendo variações regionais sobre o mesmo tema, ou até mesmo sinônimos, porém com tratamento urbanístico específico, permeado pela gestão da água das chuvas, permitindo que cada cientista citado esteja associado a uma determinada sigla.

				de água não potável. Aborda as questões de planejamento e <i>design</i> associadas com a integração completa do ciclo urbano da água (LLOYD, 2003).
SuDS	Sistemas de Drenagem Sustentáveis	Reino Unido	Phil Chatfield	Prioriza a gestão integrada de políticas sustentáveis de gestão da água no meio urbano, por meio da reversão das formas convencionais de tratamento das águas pluviais, desde a melhoria da qualidade da água até a redução dos custos da edificação dentro da indústria da construção civil (CHATFIELD, 2005).

Fonte: Adaptado de Cerqueira (2012).

Apesar de as metodologias apresentadas tratarem da gestão das águas pluviais sob um contexto de conservação e atribuírem um valor ambiental às águas das chuvas, nesta tese optou-se por seguir o conceito do LIUDD, que explicita a participação da sociedade nas tomadas de decisão em processos de gestão. Além disso, o LIUDD é um processo dinâmico e um projeto urbano integrado desenvolvido em pequenas escalas, dentro das bacias hidrográficas em ambientes urbanos e periurbanos.

O LIUDD prevê, ainda, evitar uma ampla gama de efeitos adversos na físico-química natural e na biodiversidade das bacias, e manter as características sociais e econômicas das comunidades, de modo a proteger os recursos hídricos e a integridade ecológica terrestre, enquanto permite a urbanização em todas as densidades (VAN ROON, 2007).

Por meio da utilização dos conceitos de desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto ambiental, busca-se a conservação quali-quantitativa dos processos hidrológicos, na medida que se minimizam ou mitigam os efeitos da ação antrópica no desenvolvimento urbano, no intuito de incentivar a prevenção da poluição e a preservação de recursos naturais.

O diferencial da estratégia de utilização de projetos sob o conceito LIUDD encontra-se na integração com outros setores de interesse da sociedade, via planejamento da bacia e do empreendimento, bem como na aplicação de dispositivos de manejo integrado, na viabilização a perturbação mínima de processos naturais e no atendimento dos anseios da população (CRUZ *et al.*, 2011).

4.3. Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto

Traduzido da língua inglesa, *Low Impact Urban Design and Development* (LIUDD) tem seu foco na gestão integrada das águas urbanas e na resolução de problemas das unidades de infraestrutura urbana de forma local. Sendo assim, a proposta é que cada área urbanizada seja abastecida pelos recursos naturais presentes no seu entorno, bem como as questões de coleta, tratamento e destinação final dos seus efluentes e resíduos (PIMENTEL DA SILVA e MARQUES, 2010).

Este conceito permite que a sustentabilidade local seja colocada como limite para a urbanização e o adensamento, com vistas a um menor investimento em estruturas que atravessem várias regiões da cidade a fim de conduzir água potável ou para conduzir efluentes e resíduos sólidos para tratamentos centralizados e distantes dos pontos geradores.

De acordo com Cerqueira e Pimentel da Silva (2016), o LIUDD incorporou princípios ecológicos da arquitetura verde, das experiências com ecovilas e da “gestão integrada das três águas” (abastecimento, servidas e esgotos, drenagem) do WSUD¹⁴, bem como: o desenho de sistemas alternativos para a gestão de águas servidas; os conhecimentos sobre economia e meio ambiente; o planejamento regional *versus* urbano; a recuperação da paisagem; e a pesquisa no desenho, na implementação, operação e manutenção dos dispositivos e sistemas alternativos para a gestão das águas pluviais.

Vale ressaltar que o autor optou por não traduzir a sigla do conceito de Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto nesta tese, com a adoção do LIUDD como representação desta metodologia, bem como modelo de gestão de drenagem urbana, tendo em vista às características de proposição das políticas públicas de gestão integrada das águas pluviais, como: a difusão de hábitos saudáveis e sustentáveis, busca por melhorias na qualidade de vida da população e redução dos custos de urbanização e manutenção do patrimônio público.

A partir do *framework* apresentado por Cerqueira e Pimentel da Silva (2016), para a implementação do LIUDD em comunidades e áreas de ocupação subnormais em regiões

¹⁴ O WSUD leva em consideração o gerenciamento dos sistemas de recursos hídricos como: o abastecimento de água, o tratamento de águas residuárias, a qualidade das vias navegáveis e a reciclagem. Entretanto, o enfoque principal está baseado no gerenciamento das águas pluviais e drenagem urbana, conciliado com o planejamento urbano, assim, aproximando o ciclo hídrico urbano de um mais natural (HOYER *et al.*, 2011).

periurbanas, percebe-se que estes mesmos princípios podem nortear a proposta de modelo conceitual de governança local das águas pluviais desta tese, visto que os itens descritos naquela estrutura podem ser replicados na área de estudo a ser considerada.

De uma maneira geral, a composição das etapas do *framework*, anteriormente citado, destaca princípios que norteiam o LIUDD, como:

- o trabalho em consonância com a natureza, a partir da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, da manutenção da integridade dos sistemas e da minimização da pegada ecológica;
- a minimização dos impactos por meio da seleção de espaços adequados, com uso eficiente dos serviços que o próprio ecossistema pode proporcionar e maximização do uso dos recursos naturais locais, de modo a conter e a minimizar a geração de resíduos; e
- o estímulo às alternativas de desenvolvimento que restauram as condições naturais e aumentam a eficiência da infraestrutura (NUNES *et al.*, 2017).

De uma maneira prática, o LIUDD desenvolve uma hierarquia de princípios, acompanhados de métodos práticos de implementação e tecnologias sustentáveis em um contexto local, que permitem o desenvolvimento de políticas em planos e diretrizes estatutárias e não estatutárias – um método para melhorar a saúde dos ecossistemas receptores de água e promover o desenvolvimento urbano sustentável com *design* apropriados (VAN ROON, 2011).

Van Roon (2011) afirma, ainda, que o LIUDD incorpora práticas que estimulam a manutenção de áreas vegetadas, *grass swales* (áreas verdes), *greenfields* (campos verdes) em áreas de crescimento urbano, que diminuem a impermeabilização do solo, estimulando a implantação do conceito de *green infrastructure* (infraestrutura verde).

O termo “infraestrutura verde” foi introduzido pelo *White Paper* da Comissão Europeia sobre Adaptação às Alterações Climáticas em 2009, e não possui uma única definição amplamente reconhecida, pois tem sido adotado em diversos projetos relacionados ao planejamento urbano e à conservação da biodiversidade sob metodologias diferentes.

Na verdade, é possível identificar características semelhantes em todos os projetos classificados como “verdes”, por incluírem múltiplos benefícios para a manutenção, proteção e recuperação dos serviços ambientais dos ecossistemas locais, essenciais para mitigar a fragmentação e o uso não sustentável do solo (MIGUEZ, 2014).

A infraestrutura verde visa a conservação da biodiversidade ao reforçar a coerência e resiliência dos ecossistemas, urbanos e rurais, contribui, simultaneamente, para a adaptação às alterações climáticas e reduz a vulnerabilidade da ocorrência de catástrofes naturais. Além disso, a aplicação deste conceito permite que gestores tenham uma visão mais consciente dos imperativos da sustentabilidade aquática no projeto urbano e no processo de redensolvimento (VAN ROON, 2011).

A implantação do LIUDD nas cidades contribui para a criação de uma economia sustentável à medida que essas técnicas mitigam os efeitos adversos das infraestruturas do transporte, da energia e do desenvolvimento econômico, o que possibilita a harmonia com outros objetivos de uso do solo relacionados, como a agricultura, a silvicultura, o lazer e o recreio.

4.4. Dispositivos verdes de controle das águas das chuvas

Segundo a Agência Ambiental Europeia, o conceito de infraestrutura verde no LIUDD permite que sejam, parcial ou integralmente, incorporados os dispositivos de controle das águas das chuvas nos projetos de engenharia hidráulica em diferentes escalas: local, regional, nacional ou transnacional (EEA, 2011).

De acordo com o *Landscape Institute* (2009), os dispositivos mais abrangentes definidos como infraestrutura verde são tratados como ativos ambientais em potencial e podem ser identificados de acordo com as áreas de influência, conforme demonstra o Quadro 7.

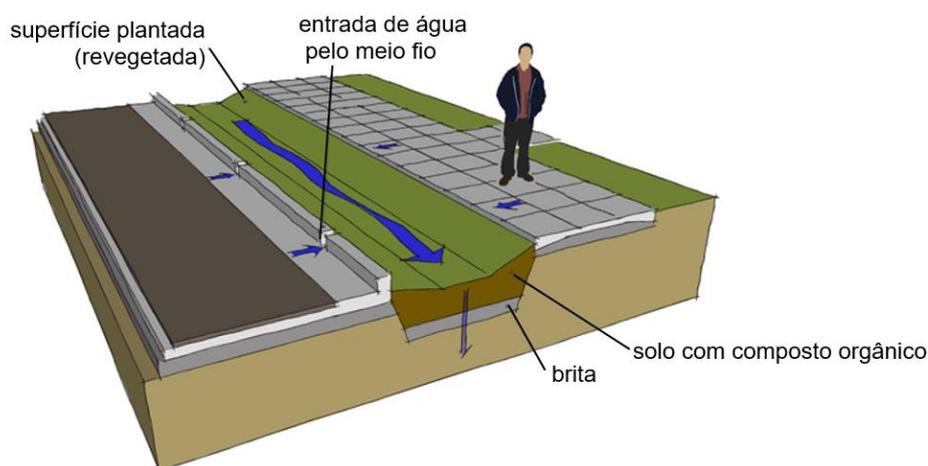
Quadro 7 – Ativos ambientais em potencial na infraestrutura verde

Local, vizinhança e bairro	Região administrativa, distrito e cidade	Região metropolitana, estadual e nacional
<ul style="list-style-type: none"> – Árvores de rua, gramados e cercas-vivas – Corredores de biodiversidade urbana – Telhados e paredes verdes – Canteiros – Jardins privados – Praças urbanas – Áreas verdes comuns – Passagem de pedestres (servidão) – Ciclovias – Pavimentos públicos (calçadas) – Cemitérios – Espaços abertos institucionais – Lagoas e córregos – Pequenas florestas – Áreas de lazer – Reservas naturais locais – Pátios da escola – Campos esportivos – Várzeas, pântanos, brejos e mangues – Loteamentos – Terrenos baldios e abandonados 	<ul style="list-style-type: none"> – Áreas de negócios – Parques da cidade – Canais urbanos – Bens comuns urbanos – Parques florestais – Parques rurais – Margens de rios contínuos – Praças municipais – Lagos – Áreas e espaços de lazer – Rios e planícies de inundação – Florestas – Antigos locais de extração mineral – Terras agrícolas – Aterros sanitários 	<ul style="list-style-type: none"> – Parques regionais – Rios e planícies de inundação – Linhas costeiras – Trilhas estratégicas de longa distância – Florestas, bosques e florestas comunitárias – Reservatórios – Redes rodoviárias e ferroviárias – Cinturão verde – Terras agrícolas – Parques nacionais – Designações paisagísticas nacionais ou regionais – Canais – Terras comuns – Campos abertos

Fonte: EEA, 2011.

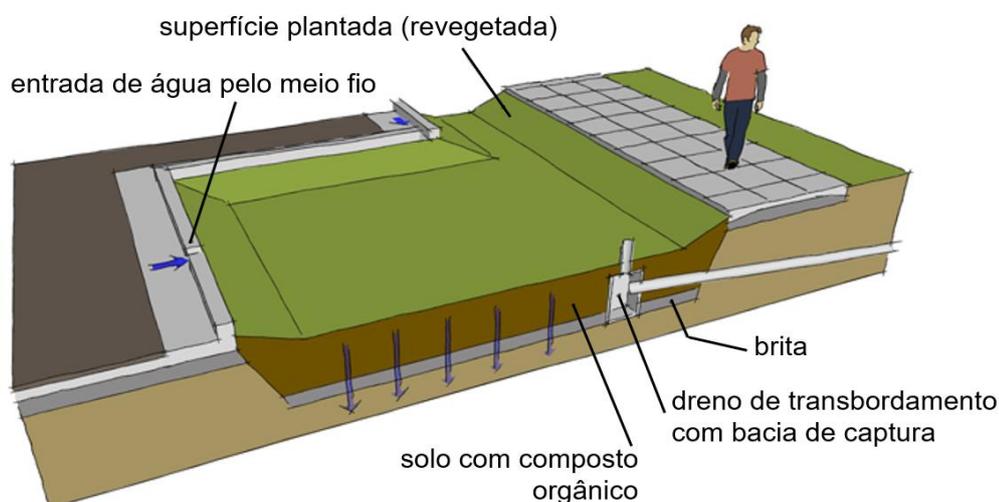
Entre os dispositivos LIUDD, destacam-se: bacias de amortecimento (*wetlands*), bacias de detenção (*detention basins*), biovaletas ou valas de infiltração (Figura 28), jardins de chuva (*raingardens* ou *watergardens*) (Figura 29), bacias de acumulação (*raintanks*) (Figura 30), leitos de infiltração e evaporação (*wet ponds*), sistemas de biorretenção (*bioretention systems*) (Figura 31), sistemas de pavimentação permeável (*pervious paving systems*) (Figura 32), telhado azul (*blue roof*) e telhado verde (*green roof*) (Figura 33), trincheiras e poços de infiltração, aproveitamento de água de chuva (*rainwater harvesting*), entre outros *wetlands* dentro das cidades, tais como alagados, pântanos e manguezais (NUNES *et al.*, 2017).

Figura 28 – Biovaletas ou valas de infiltração



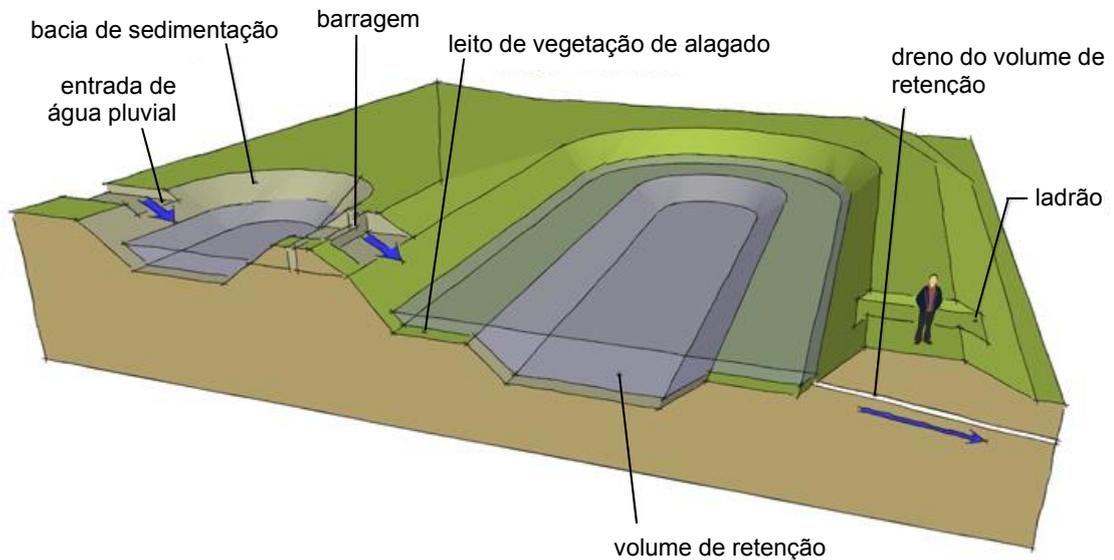
Fonte: Adaptado de Amin (2010).

Figura 29 – Jardins de chuva (*raingardens*)



Fonte: Adaptado de Amin (2010).

Figura 30 – Bacias de acumulação (*raintanks*)



Fonte: Adaptado de Amin (2010).

Figura 31 – Áreas verdes (*grass swales*) e sistemas de biorretenção (*bioretention systems*)

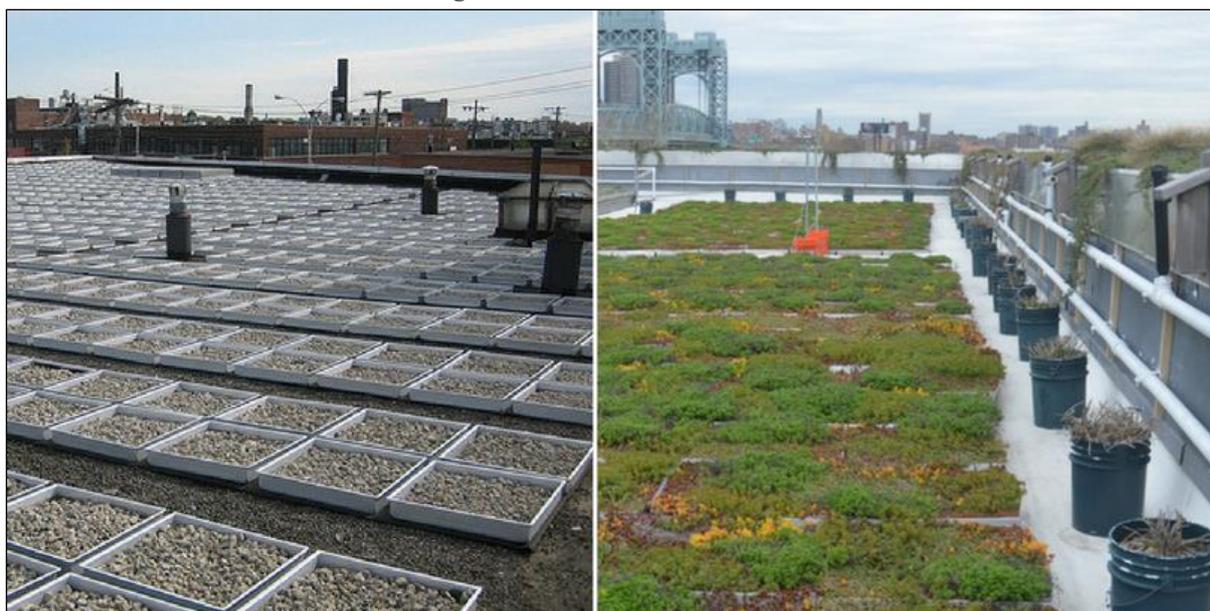


Fonte: *New Jersey Best Management Practices Manual*, 2016.

Figura 32 – Dispositivos de retenção

(a) (b)
 Legenda: (a) pavimentação permeável (*pervious paving system*)
 (b) bacias de retenção (*detention basins*)

Fonte: *New Jersey Best Management Practices Manual*, 2016.

Figura 33 – Telhados sustentáveis

(a) (b)
 Legenda: (a) telhado azul (*blue roof*) – filtra através de cascalhos e outros tipos de solo; estocam a água por 24 horas evitando o escoamento superficial acelerado ou ligando a um sistema de reaproveitamento; custo mais baixo que o telhado verde; manutenção mais barata; ideal para regiões com alto nível de chuvas; e necessita de reforço estrutural.
 (b) telhado verde (*green roof*) – filtra através de uma malha de raízes de plantas; utilizam a evapotranspiração das plantas promovendo mais conforto térmico interno; reduz o dióxido de carbono na natureza; proporciona *habitat* para pequenos animais; menor controle do escoamento superficial; e necessita de reforço estrutural.

Fonte: *New Jersey Best Management Practices Manual*, 2016.

4.5. Cidades Sustentáveis – o desafio da gestão das águas urbanas

A definição de “cidade sustentável” é tão complexa quanto a de “desenvolvimento sustentável”, visto que há um desafio na interpretação do termo “desenvolvimento”, que compreende um aspecto economicista, de crescimento e de progresso; e do termo “sustentável”, que se refere à permanência, ao equilíbrio, à equidade, ou seja, aquilo que é sustentado e tem condições próprias de se manter independentemente.

Da mesma maneira, observa-se um desafio na antítese da arquitetura sustentável *versus* urbanismo sustentável, já que é pressuposto a alteração da matéria natural em espaço edificado. A construção das cidades firma uma dissociação espontânea entre o natural e o artificial, ante as necessidades humanas de *habitat* e abrigo para os eventos de sua vida e sociedade (SILVA e ROMERO, 2013)

Segundo Silva e Romero (2013), os avanços tecnológicos, a difusão do conhecimento e da conscientização ambiental, bem como as recentes projeções demográficas para a estabilidade apontam para uma perspectiva mais positiva e coerente, no sentido de sustentabilidade da espécie humana para o futuro, que possam conduzir a um progresso humano sustentável ou para a constituição de um *modus vivendis* menos insustentável.

Em 2015, representantes da Organização das Nações Unidas (ONU) firmaram um pacto para a Agenda 2030 e, por meio de um plano de ação, indicaram 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 Metas, visando a erradicação da pobreza e promoção de vida digna para todos (PNUD, 2015).

Este instrumento serve para que todos os países signatários adotem uma parceria global, em busca da melhoria de vida nas cidades, a partir do(a): implantação de políticas e planos integrados de inclusão social; eficiência no uso dos recursos naturais; mitigação e adaptação à mudança do clima; resiliência a desastres naturais; incentivo ao reaproveitamento da água; e implantação de medidas urgentes para minimizar as mudanças climáticas e seus impactos nas comunidades (GUTIERREZ e RAMOS, 2019).

As cidades sustentáveis apresentam um planejamento urbano e regional que leva em conta diretrizes que valorizam: a maior densidade, com menor consumo de energia *per capita*; a baixa emissão de CO₂, incentivada pelo uso de bicicletas, transportes públicos e caminhadas; a consciência coletiva; e os investimentos em empreendimentos de baixo impacto ambiental.

Enfim, a sustentabilidade urbana exige uma forma de ordenação eficiente, técnica, para a qual se requer a aplicação de novas tecnologias e redução das desigualdades, bem como deve estar voltada para as pessoas, e não apenas para as máquinas, permitindo que o uso e a ocupação do solo sejam não somente tratados como “sustentáveis”, mas também considerados como “inteligentes” (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Diante dos conceitos de sustentabilidade aqui tratados, a vantagem do crescimento urbano compacto ou inteligente, em áreas urbanas e periurbanas, está na possibilidade de aplicação de metodologias e práticas que vislumbrem o conceito do LIUDD nas áreas menos densas e ambientalmente sensíveis.

O grande desafio para os gestores da ocupação do espaço urbano é conciliar as demandas para a sobrevivência do ser humano, como: água, energia, produção de alimentos, abrigos e tratamento de resíduos; com a manutenção dos processos naturais ali existentes, como por exemplo a do ciclo da água urbano (ANDRADE e BLUMENSCHHEIN, 2013).

De acordo com as observações de Marsalek *et al.* (2008), em estudo sobre o ciclo da água urbano da UNESCO, a concentração de pessoas em áreas urbanas altera os fluxos de água, de sedimentos, de substâncias químicas e dos micro-organismos, além de aumentar a emissão de calor residual. Tucci e Mendes (2006) afirmam que a interface entre solo-vegetação-atmosfera promove uma forte influência no ciclo hidrológico, associados à complexidade dos processos naturais e à interferência humana, que age sobre esse sistema natural.

Neste sentido, a gestão das águas pluviais em uma cidade sustentável ou inteligente deve seguir o conceito do LIUDD, com práticas que visam a proteção da qualidade da água regional e o menor consumo de terra, conforme sugerido pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA, no documento “Usando Técnicas do Crescimento Inteligente como Melhores Práticas de Gestão das Águas Pluviais”¹⁵ (ANDRADE e BLUMENSCHHEIN, 2013).

De acordo com EPA (2012), a implantação de melhores práticas de gestão (BMP)¹⁶ de águas pluviais em áreas de alta densidade – urbanas e periurbanas – bem como em áreas urbanizáveis e subúrbios, em áreas de conservação, ou em áreas rurais, permite identificar

¹⁵ Traduzido do inglês “*Using Smart Growth Techniques as Stormwater Best Management Practices*”.

¹⁶ “Melhores Práticas de Gestão”, traduzido do inglês: “*Best Management Practices (BMP)*”

critérios e diretrizes focados na manutenção do ciclo da água urbano e assegurar a proteção das bacias hidrográficas. O Quadro 8 apresenta um resumo dessas práticas relacionadas ao contexto do planejamento e do uso e ocupação do solo.

Quadro 8 – Melhores práticas de gestão relacionadas ao contexto do planejamento e do uso e ocupação do solo

Melhores práticas de gestão de recursos hídricos	Áreas de alta densidade (urbanas e periurbanas)	Áreas urbanizáveis e subúrbios	Áreas de conservação e rurais
Estratégias para construções individuais e construções locais	Células de bioinfiltração, captação e armazenamento da água da chuva do telhado, telhados verdes, substituir redes antigas, redução de compactação de gramados, melhorias do sistema de entrada de águas pluviais (bocas de lobo)	Desconectar condutores de calha, telhados verdes, redução de compactação de gramados, células de bioinfiltração, captação e armazenamento de água de chuva do telhado.	Telhados verdes, desenhos locais e moradias que valorizem o uso e ocupação corretos do solo
Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LIUDD)	Implantar áreas de paisagem de alto desempenho, adaptação de parques urbanos para a gestão de águas pluviais, áreas de microdetenção, florestas urbanas e copa das árvores, <i>retrofits</i> verdes para ruas	<i>Swales</i> , trincheiras de infiltração, microdetenção para projetos de drenagem, projetos de bioconservação, adaptação de estacionamentos para o controle de águas pluviais, manter copas das árvores, <i>retrofits</i> verdes para ruas, ampliar a escala de infiltração	Proteção de florestas, proteção de nascentes, zoneamento ecológico, conservação e proteção de aquíferos, <i>wetlands</i> para águas pluviais
Infraestrutura	Modernização da infraestrutura cinza: reparação e ampliação das tubulações existentes, instalação de tratamento de águas pluviais, políticas de urbanização, manutenção de ruas e de instalações de drenagem	Áreas prioritárias de financiamento para a ocupação direta, melhor desenho de ruas, planejamento da infraestrutura para incentivar a ocupação com crescimento inteligente, manutenção de ruas e de instalações de drenagem	Planejamento de crescimento inteligente para as comunidades rurais que utilizam sistemas de captação de águas pluviais no local
BMP estrutural	Dispositivos comercialmente disponíveis de controle de águas pluviais, bacias de drenagem urbana, reparação de infraestrutura cinza tradicional	Barris de chuva, técnicas de bioinfiltração, <i>wetlands</i> construídos	
Estratégias de design	Distritos de trânsito, redução de estacionamentos, preenchimento com adensamento, melhor utilização de estacionamento do lado do meio-fio e direitos de passagem, zonas industriais, limpeza de córregos urbanos e áreas de proteção ambiental, áreas de recepção de transferência de direitos de desenvolvimento	Projetos com adensamento, reocupação de <i>greyfields</i> , redução de estacionamentos, sistema de ruas conectadas, projeto de conservação e de espaços abertos, planejamento rural, restrições à superfície impermeável, restauração de córregos e áreas de proteção, áreas de transferência de ocupação, empreendimento de unidades planejadas	Planejamento regional de uso e conservação da água, áreas de transferência de ocupação na bacia, limites de superfície impermeável, zoneamento ecológico
Estratégias regionais ou de toda bacia hidrográfica	Transferência de direitos de ocupação, restauração da beira-mar, participação democrática no planejamento regional da gestão de águas pluviais e da implantação de infraestrutura.	Planejamento de parque aberto e de espaço regional, ligando novos investimentos para o sistema de trânsito regional, participação democrática no planejamento regional da gestão de águas pluviais e da implantação de infraestrutura.	Planejamento regional de uso e conservação da água, áreas de transferência de ocupação na bacia, limites de superfície impermeável, zoneamento ecológico, abastecimento de água e aquisição de lotes

Fonte: Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA), 2012.

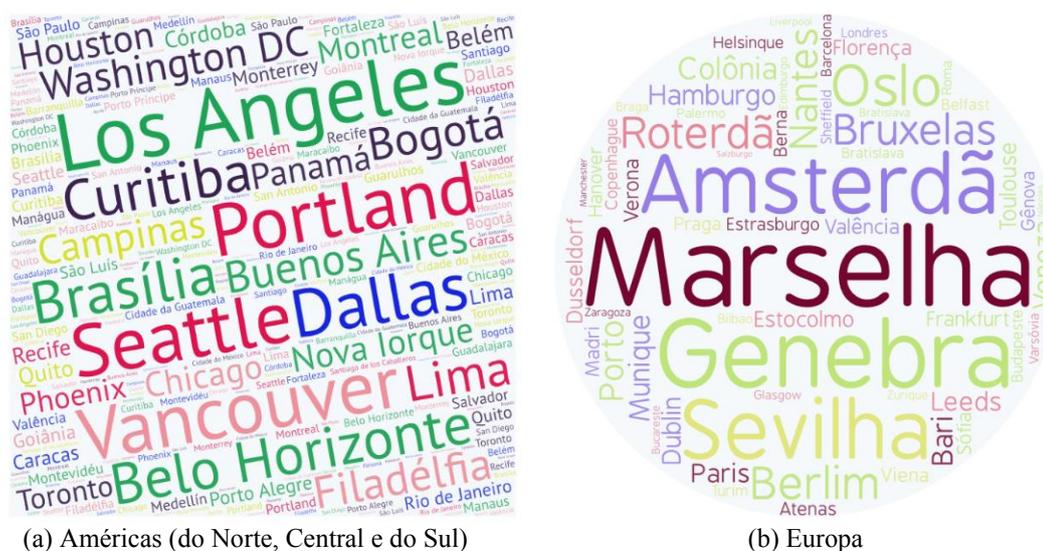
De uma forma geral, essas práticas funcionam quando associadas às estratégias de gestão de recursos, de energia, de consumo de água, de produção de alimentos e do tratamento de resíduos e materiais para construção de habitats humanos; e de gestão de pessoas por meio do uso e ocupação adequada do solo e transporte público eficiente.

Neste estudo, foram selecionadas algumas cidades consideradas verdes, azuis, inteligentes, sustentáveis, ou ainda, sensíveis à água, que serviram de exemplo de modelos de gestão sustentável de águas pluviais concebidos sob o conceito de LIUDD, e que serão apresentadas nos próximos itens.

A técnica da construção de nuvem de palavras, descrita na abordagem metodológica, foi utilizada como ferramenta de seleção prévia dessas cidades, e resultou em uma lista de cidades que apresentaram algum tipo de BMP ou de SbN na gestão da drenagem urbana e/ou captação das águas pluviais, bem como algum vínculo com os temas: “gestão sustentável”, “drenagem sustentável”, “governança local”, “gestão de águas pluviais” e “controle social”.

Uma nuvem de palavras foi separadamente construída para cada continente, contendo as cidades sustentáveis referentes à frequência das palavras e dos temas analisados, e cujo resultado pode ser observado da seguinte forma: Américas e Europa (Figura 34), África e Ásia (Figura 35) e Oceania (Figura 36).

Figura 34 – Frequência de palavras referentes às cidades sustentáveis nas Américas e na Europa



Fonte: NVivo®, 2022.

Figura 35 – Frequência de palavras referentes às cidades sustentáveis na África e na Ásia



Fonte: NVivo®, 2022.

Figura 36 – Frequência de palavras referentes às cidades sustentáveis na Oceania



Fonte: NVivo®, 2022.

Por fim, uma lista foi elaborada com as 10 (dez) cidades sustentáveis de cada continente que apresentaram maior frequência de surgimento no levantamento de dados, a fim de servir de apoio na construção de uma nuvem de palavras, para a seleção final das cidades que serviriam de modelo de gestão sustentável de gestão das águas pluviais (Figura 37).

4.5.1. Portland – EUA

Portland é uma cidade do noroeste dos Estados Unidos da América, no Estado do Oregon, localizada na região de confluência de dois grandes rios: o Willamette e o Columbia. A cidade possui uma área de 375,8 km² e uma população de 583.776 habitantes. Portland é considerada a cidade mais verde daquele país e uma das cidades mais verdes do mundo, principalmente, devido ao uso de diversas técnicas de drenagem sustentável (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2020a).

Por ser uma cidade densamente habitada e com problemas complexos em seu sistema de drenagem, Portland desenvolveu programas que visam o manejo sustentável das águas pluviais sob o conceito de desenvolvimento de baixo impacto ambiental. Os princípios deste manejo estão baseados no desenvolvimento integrado da drenagem com os demais sistemas de infraestrutura da cidade, como as redes de água e de esgoto.

O Quadro 9 apresenta o resumo dos quatro principais programas desenvolvidos pelo município de Portland para a gestão das águas pluviais.

Quadro 9 – Programas de gestão de águas pluviais de Portland

Programa	Em inglês	Característica
Programa de Desconexão de Calhas	<i>Downspout Disconnection Program</i>	O município oferece gratuitamente o serviço de desconexão de calhas ou paga ao proprietário do imóvel um valor de aproximadamente US\$ 53 por calha desconectada. Vale ressaltar que o incentivo só é oferecido às propriedades que estavam localizadas em regiões próximas aos rios Willamette e Columbia.
Prêmio Rio Limpo	<i>Clean River Rewards</i>	Neste programa, o proprietário que realizar o manejo do escoamento superficial gerado pelo seu lote, poderá abater em até 100% a taxa de drenagem cobrada pelo município para a prestação dos serviços de manejo e gestão das águas pluviais.
Programa Telhados Verdes	<i>Ecoroofs Program</i>	Além das exigências para instalações públicas, este programa oferece subsídios de até US\$ 55 por metro quadrado de telhado verde instalado em edificações privadas.
Programa Ruas Verdes	<i>Green Streets Program</i>	Consta da construção de jardins de chuva, faixas gramadas e pavimento permeável, além do plantio de inúmeras árvores. Este programa foi reconhecido como uma estratégia importantíssima na redução do escoamento superficial e na melhoria da qualidade das águas pluviais.

Fonte: Adaptado de Soluções Para Cidades, 2020a.

A prefeitura de Portland criou o Comitê de Infraestruturas Sustentáveis¹⁷ para gerenciar as diretrizes dos programas de manejo de águas pluviais da cidade. O comitê é composto por funcionários de diversos departamentos da prefeitura e fomenta a pesquisa do uso de medidas, que ampliam a capacidade do sistema de drenagem em reduzir o escoamento superficial, como: pavimentos permeáveis, paisagismo melhorado da rua e aproveitamento de águas pluviais.

O Comitê, por meio da Secretaria de Serviços Ambientais de Portland¹⁸, oferece um canal de assistência técnica para a população e promove oficinas adaptadas para os moradores e comerciantes da cidade, com a função de:

- monitorar e testar o desempenho de projetos-piloto;
- fornecer assistência técnica para profissionais, que incorporarem tecnologias de manejo sustentável das águas pluviais em seus projetos;
- estabelecer parcerias com proprietários, outros municípios e governo federal para desenvolvimento de projetos, financiamento e construção de medidas de manejo sustentável das águas pluviais; e
- fornecer documentação e divulgar os projetos desenvolvidos, na promoção de práticas de educação ambiental.

Diante das demandas da sociedade, o Comitê Consultivo de Políticas de Águas Pluviais¹⁹ elaborou um manual de manejo de águas pluviais, que descreve as técnicas de gestão e os critérios de projeto para as medidas sustentáveis. Este manual, atualizado a cada dois anos, foi desenvolvido com o objetivo de facilitar os cálculos do projeto destas medidas, de modo a simplificar fórmulas com coeficientes simples, facilitar aos usuários a obtenção de resultados diretos, sob o conhecimento adquirido pelo monitoramento continuado das medidas e pelos projetos-piloto (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2020a).

O jardim de chuva é a principal técnica de redução do escoamento superficial nas cidades, juntamente com os pavimentos permeáveis, pois melhora a qualidade das águas e favorece a infiltração e o gerenciamento do escoamento superficial na sua origem, além de:

¹⁷ Traduzido de *Sustainable Infrastructure Committee* (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2020a).

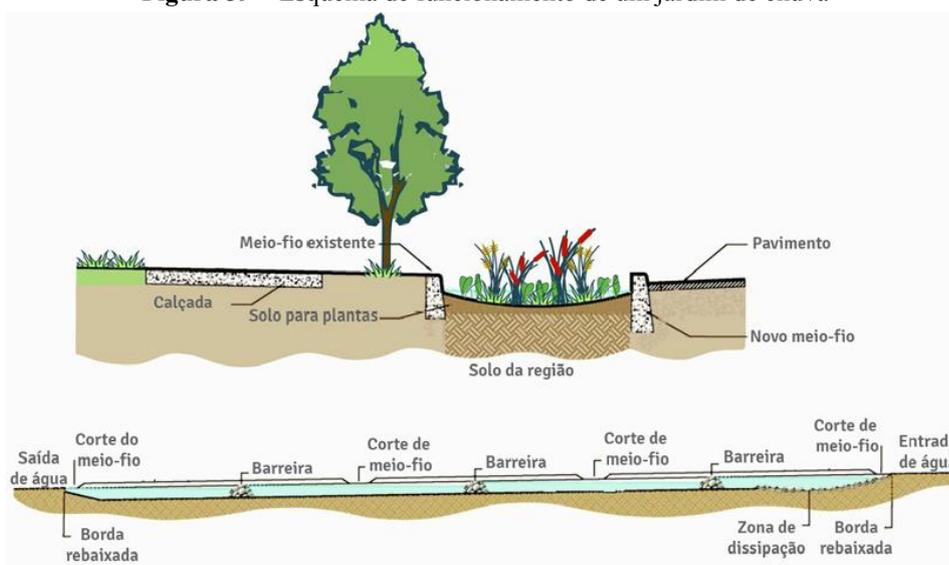
¹⁸ Traduzido de *Portland Bureau of Environmental Services*, disponível em inglês em www.portlandoregon.gov.

¹⁹ Traduzido de *Stormwater Policy Advisory Committee – SPAC* (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2020a).

- controlar o volume de água pluvial que entra no sistema de drenagem;
- melhorar a qualidade da água dos aquíferos e rios, pela remoção de contaminantes;
- integrar ambientes naturais aos construídos, melhorando a paisagem urbana dos bairros;
- aumentar a qualidade de vida no bairro, por meio de melhorias nos espaços destinados a pedestres e ciclistas;
- introduzir elementos típicos de parques nas ruas, como: jardins, árvores, trechos gramados e ciclovias;
- conectar os bairros a parques, escolas, áreas de recreação e vias expressas como corredores verdes urbanos; e
- contribuir para a diminuição da temperatura no verão, da poluição do ar e dos efeitos causados pelas mudanças climáticas.

Um jardim de chuva funciona na remoção dos poluentes presentes nas águas da primeira chuva (partículas de asfalto, combustíveis, resíduos da fumaça emitida pelos veículos, etc.) por meio da adsorção, filtração, volatilização, troca de íons e decomposição dos resíduos; de modo a permitir que a água limpa infiltre no terreno para recarga de aquífero ou que seja coletada em um dreno e descarregada no sistema de drenagem (Figura 39).

Figura 39 – Esquema de funcionamento de um jardim de chuva



Fonte: Adaptado de Soluções Para Cidades (2020a).

Esses jardins de chuva podem ser encontrados por toda a cidade de Portland, principalmente nas áreas nomeadas como “ruas verdes”. Escolas públicas, centro de convenções, pátios de universidades, estacionamentos, etc., podem ser exemplos da aplicação desta técnica, tal como na Figura 40, que representa a implantação dos jardins de chuva da rua Siskiyou, famosa por ultrapassarem o limite da calçada face às vagas de estacionamento ao longo da rua.

Figura 40 – Jardins de chuva da rua Siskiyou, Portland



(a)

(b)

Legenda:

(a) montagem das formas do jardim de chuva de um projeto com taxa de retenção de 60% da vazão de pico inicial de uma chuva e com período de retorno de 25 anos.

(b) parte do projeto acabado, cujo custo da obra foi de US\$ 20.000 (cerca de US\$ 20 por m² de área impermeável gerida).

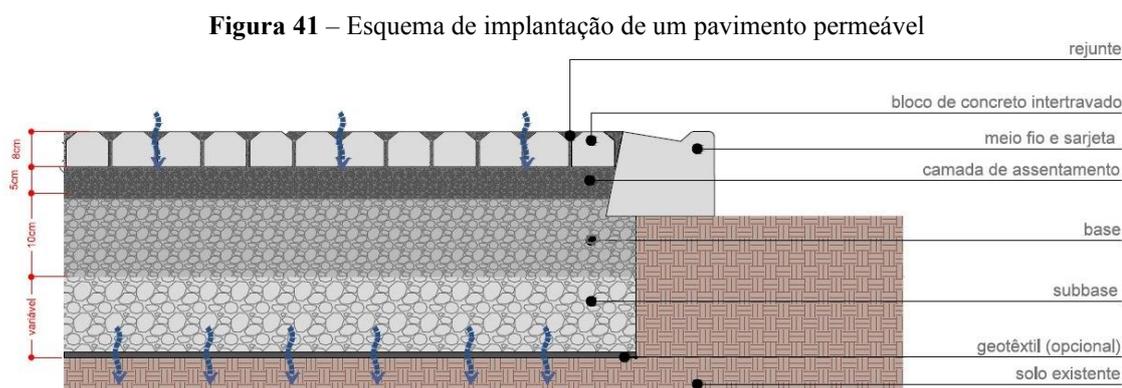
Fonte: *Portland Bureau of Environmental Services*, 2003.

As superfícies destinadas ao sistema viário e às áreas de estacionamento das áreas urbanas ocupam espaços consideráveis e a utilização de pavimentos permeáveis contribui para a diminuição dos problemas de inundações urbanas. Diversos tipos de pavimentos podem ser utilizados como medida de baixo impacto ambiental, como:

- Pavimentos dotados de revestimentos superficiais permeáveis – possibilitam a redução da velocidade da água da chuva, a retenção temporária de pequenos volumes na própria superfície do pavimento e a infiltração de parte das águas pluviais;

- Pavimentos dotados de estrutura porosa – onde é efetuada a detenção temporária das águas pluviais, de maneira a retardar parte deste volume de água para a rede de drenagem, o que ajuda a evitar a sobrecarga do sistema de drenagem; e
- Pavimentos dotados de estrutura porosa e de dispositivos de facilitação da infiltração – onde ocorre tanto a detenção temporária das águas pluviais como também a infiltração de parte delas. Estas características contribuem com atraso e redução dos volumes escoados.

A Figura 41 mostra o esquema de instalação de pavimentos permeáveis de Portland que garantem cerca de 80% de eficiência, ou seja, em eventos chuvosos para os quais o sistema foi projetado, apenas 20% da água das chuvas escoam para as guias, e o restante é armazenado e infiltrado no solo.



Fonte: *Portland Bureau of Environmental Services, 2022.*

Portland é considerada líder internacional em projetos de infraestrutura verde, como os telhados verdes ou telhados vivos (*green roofs* ou *ecorooofs*). Eles substituem os telhados convencionais por um sistema de telhado com vegetação viva e respirante. Esta técnica consiste em aplicar uma camada de vegetação sobre uma membrana sintética impermeável (BES, 2019).

O Programa Telhados Verdes é uma combinação de educação e políticas públicas baseadas em incentivos e regulamentação para incentivar a construção destes telhados por meio do pagamento de subsídio de até US\$ 55 por metro quadrado implantado, além da concessão de um bônus de densidade de construção para futuros projetos.

Os telhados verdes diminuem significativamente o escoamento das águas pluviais, economizam energia e reduzem a poluição e a erosão, bem como absorvem dióxido de carbono, reduzem as ilhas de calor urbano e filtram os poluentes do ar, protegem o habitat de pássaros e insetos, além de disponibilizarem espaço verde para a população (Figura 42).

Figura 42 – Telhados verdes em Portland



(a)

(b)

Legenda:

(a) Telhado verde de convivência em edifício comercial; e

(b) Telhados verdes em uma rua verde da cidade.

Fonte: Portland, 2021.

O Programa Telhados Verdes é uma combinação de educação e políticas públicas baseadas em incentivos e regulamentação para incentivar a construção destes telhados por meio do pagamento de subsídio de até US\$ 55 por metro quadrado implantado, além da concessão de um bônus de densidade de construção para futuros projetos.

Em 2019, Portland já tinha quase 400 telhados verdes distribuídos pela cidade, com 152 *ecoroofs* em propriedades com uso comercial, além de prédios institucionais, que incluem faculdades, universidades e hospitais, bem como edifícios residenciais distribuídos pela cidade (BES, 2019).

A cidade de Portland está na vanguarda do movimento de infraestrutura verde no planeta, com interesse crescente no uso de telhados verdes, jardins de chuva e pavimentos permeáveis. Cada vez mais, os profissionais buscam realizar projetos verdes sustentáveis e a população busca gerenciar suas propriedades de maneira a reduzir os impactos negativos no ar, na água e na terra.

4.5.2. Los Angeles – EUA

Los Angeles é uma cidade do sudoeste dos Estados Unidos da América, no estado da Califórnia, localizada na bacia hidrográfica do rio Los Angeles e do arroio Ballona. A cidade possui uma área de 1.213,80 km² e uma população de 3.792.621 habitantes. A região de Los Angeles é um centro de crescimento econômico e inovação, atraindo empreendedores e investidores de toda parte do mundo, bem como pessoas em busca de uma nova oportunidade de trabalho e melhoria da qualidade de vida.

No início do séc. XX, ocorreram diversos eventos de chuvas intensas em Los Angeles, que acarretaram grandes e rápidas inundações, e que desencadearam uma série de estudos hidráulicos com vistas à solução do problema. Durante as décadas de 1930 e 1940, diversos projetos de engenharia foram executados para a canalização em concreto dos principais rios da cidade.

Com altas taxas de crescimento populacional e acelerado processo de urbanização, a cidade de Los Angeles sofreu a ocupação de várzeas e de áreas de baixa topografia, o que causou diversos problemas para a população da cidade: degradação ambiental, inundações frequentes e privação de acesso da população ao patrimônio natural dos rios (ARCADIS, 2016).

As obras de canalização são caras, demoradas e provocam inúmeros impactos ambientais, além de serem de eficiência decrescente à medida que a degradação ambiental avança na região onde são implantadas. Por este motivo, Los Angeles passou a investir na implementação do conceito de cidade sustentável na gestão das águas pluviais, e incentivou as boas práticas de gestão ambiental e os projetos de baixo impacto ambiental.

Devido às características climáticas do estado da Califórnia – estação de seca longa e invernos chuvosos – o Departamento de Águas de Los Angeles tem priorizado a melhoria na qualidade das águas dos rios e os esforços na reservação das águas pluviais, já que os relatórios de qualidade da água do órgão apontaram para uma provável saturação na captação de água nos poços dentro de cinco anos, devido às plumas de poluição subterrâneas da região, que estão em constante expansão.

A cidade de Los Angeles investe em diversas práticas de LIUDD para o controle de inundações, como: infraestrutura verde, telhados vivos, pavimentos permeáveis (urbanização verde), *wetlands*, projetos de drenagem sustentáveis, etc. (ARCADIS, 2016).

Um dos projetos implantados é chamado de Parque Garvanza, que consiste em um pequeno projeto de melhores práticas de gestão voltado para múltiplos objetivos: redução do escoamento no corpo d'água receptor da drenagem pluvial em uma área urbana, melhoria da qualidade desse escoamento e garantia da recarga do lençol freático (NORTHEASTTREES, 2018).

A concepção do projeto do Parque Garvanza previu o desvio de uma galeria de drenagem, mostrada na Figura 43, responsável por drenar uma grande área urbana, impediu que a água pluvial contaminada pela lavagem da superfície urbana fosse despejada diretamente no Arroyo Seco, por meio de uma derivação que transporta o escoamento para uma série de reservatórios subterrâneos, capazes de “limpar” a água poluída, e infiltrar parte dela posteriormente no solo, de forma a permitir a recarga do lençol freático na região.

Figura 43 – Galeria de drenagem do Parque Garvanza



Fonte: North East Trees[©] (NORTHEASTTREES, 2018).

Após passar por uma câmara de pré-tratamento, a água passa por um reservatório de sedimentação, para retirada de sólidos em suspensão, e parte da água já tratada é armazenada em um grande reservatório para ser aproveitada na irrigação do próprio parque nos períodos de estiagem. O excedente da água é direcionado para um outro reservatório, preparado para promover e facilitar a infiltração no solo, e recarrega do lençol freático.

Este tipo de projeto sustentável gera benefícios não tangíveis ou de difícil estimativa como: o ganho em *habitat* fluvial nos trechos de rio a jusante, beneficiados com a melhoria na qualidade de água; a valorização imobiliária do entorno da obra, que terá um risco reduzido de sofrer alagamentos; e a melhoria na saúde ambiental da região (NORTHEASTTREES, 2018).

A prefeitura de Los Angeles propôs o desenvolvimento de um projeto de revitalização ou renaturalização do rio Los Angeles sob o conceito de LIUDD, chamado de *LA River 3D: Downtown Design Dialogue*²⁰, que visa desfazer as canalizações e devolver as curvas originais do rio para diminuir as enchentes e a poluição (ARQUITETURA & CONSTRUÇÃO, 2017).

Entre os desafios, o projeto busca considerar a evolução futura do espaço público e a melhoria da conectividade e do acesso, com: espaços abertos para convivência, construções de caráter misto (comercial e residencial), mirantes, jardins de agricultura urbana, bancos e *decks* convidativos à observação e à permanência.

As Figuras 44, 45 e 46 representam modelos de concepção do projeto de renaturalização do rio Los Angeles, que valorizam as questões referentes à integração do rio com a população, como: apreciar, experimentar e deslocar-se pelas margens.

Figura 44 – Proposta de revitalização do Distrito das Artes de Los Angeles



Fonte: Dezeen (2017).

²⁰ Tradução livre para o português: “Rio Los Angeles 3D: Centro Desenho Diálogo”.

Figura 45 – Arquibancadas e vegetação na revitalização do rio Los Angeles



Fonte: Dezeen (2017).

Figura 46 – Pontos de descanso na revitalização do rio Los Angeles



Fonte: Dezeen (2017).

Além dos desafios da gestão das águas pluviais, Los Angeles busca cumprir uma meta de redução de 25% no consumo de água, por meio de uma gestão integrada que também inclui: a revitalização do centro da cidade, com melhores opções de moradia e preços acessíveis, o aumento da conectividade de trânsito; redução da diferença salarial, o desenvolvimento de programas sociais para apoiar comunidade sem-teto, entre outros.

4.5.3. Seattle – EUA

Seattle é uma cidade do *Puget Sound*²¹ localizada na costa noroeste dos Estados Unidos da América, no estado de Washington. Aquela região é cercada de água, montanhas e florestas perenes, além de milhares de acres de parques naturais. Seattle é a maior cidade do estado, com uma população de 744.955 habitantes e uma área aproximada de 367,97 km².

Seattle também é conhecida como a “Cidade Esmeralda”, pois é literalmente verde, devido à grande quantidade de áreas verdes, como: jardins, praças, parques e florestas. Além disso, os investimentos do poder público em iniciativas de boas práticas de gestão ambiental tornaram o estado de Washington, o 4º lugar no *ranking* da sustentabilidade ambiental daquele país (SEATTLE, 2021).

A qualidade do ar, o aproveitamento dos espaços verdes, a preocupação com a conservação e produção de energia, a eficiência dos transportes, a infraestrutura verde, a reciclagem e a gestão das águas pluviais, tornam Seattle uma cidade líder em gestão integrada sustentável.

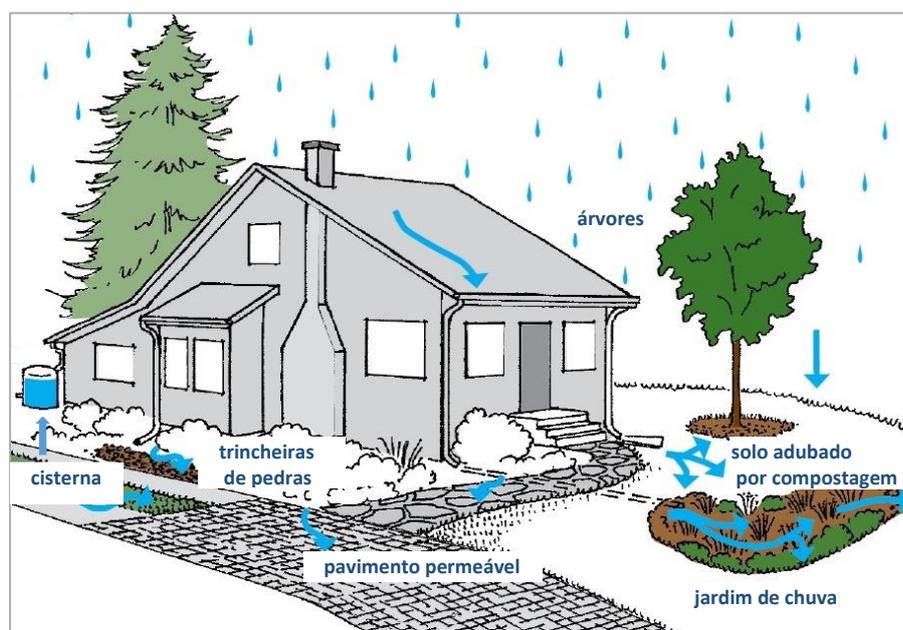
A cidade de Seattle está sujeita a altos níveis de poluição por ser uma cidade portuária com intenso tráfego de embarcações e de comércio de mercadorias. A política de gestão das águas de Seattle se baseia na captação e reservação das águas e na qualidade das águas pluviais, mitigando os impactos os impactos negativos no *Puget Sound* e no Lago Washington.

Além disso, o alto índice pluviométrico distribuído pelo ano, resultou na implantação de projetos e programas, sob o conceito de LIUDD, para melhor gerenciar as consequências dos eventos de chuva. O Programa *RainWise* fornece orientações básicas para a população, com

²¹ Profunda enseada estuarina do oceano Pacífico localizada na costa noroeste dos Estados Unidos da América, cujas águas e costas pertencem, administrativamente, ao estado de Washington (KRUCKEBERG, 1991).

explicação do ciclo da água urbana e os riscos de inundações, e sugere a implantação de jardins de chuva, a captação das águas dos telhados e o uso de pavimentos permeáveis (Figura 47).

Figura 47 – Desenho de proposta de captação e reservação da chuva em Seattle



Fonte: Adaptado de *RainWise*, 2021.

O controle social é garantido no processo de gestão das águas pluviais em Seattle, por meio da participação no Conselho da Cidade, onde a população pode sugerir diretamente quais e onde as intervenções no *RainWise* podem ser aplicadas. Sendo assim, surgem da própria população propostas como: o plantio de árvores nos lotes e nas ruas, a instalação de cisternas, a construção de jardins de chuva e trincheiras de pedras, o uso de pavimentos porosos, a redução do uso de detergentes, a proibição do uso de pesticidas, entre outras medidas protetivas do meio ambiente (RAINWISE, 2021).

Outro programa sustentável desenvolvido na cidade de Seattle é o Programa *Restore Our Waters*²² (Figura 48), que restabelece a qualidade das águas das bacias hidrográficas do *Puget Sound*, do lago Union, da baía Elliott, do lago Washington e dos rios da região, retardando o escoamento superficial urbano, por meio:

- do incentivo da infraestrutura verde (telhados verdes);

²² Tradução livre do autor para o português: “Programa Recupere Nossas Águas”.

- da construção de sistemas de biorretenção e jardins de chuva; e
- da limpeza e restauração dos *habitats* naturais, com a reinserção da flora nativa (SEATTLE, 2021).

Figura 48 – Exemplos de ações do Programa *Restore Our Waters*, Seattle



(a)

(b)

Legenda:

(a) Plantas nativas reinseridas na biorretenção do Seattle Center; e
 (b) Plantas nativas e jardins na biorretenção de High Point.

Fonte: Programa *Restore Our Waters*, 2021.

4.5.4. Vancouver – Canadá

Vancouver é uma cidade portuária costeira no oeste do Canadá, localizada na região de *Lower Mainland* na província canadense da Colúmbia Britânica. É a cidade mais populosa da província e a oitava mais populosa do Canadá, cujo censo demográfico em 2017 registrou um total de 675.218 habitantes e de, aproximadamente, 2.465.000 pessoas na sua região metropolitana – a Grande Vancouver – considerada a terceira maior região metropolitana do país (RCS, 2019).

A cidade de Vancouver tem 114,97 km² e a maior densidade populacional do Canadá, com mais de 5.900 pessoas por quilômetro quadrado. Em conjunto com a Grande Vancouver, de 2.878,52 km², a região apresenta todos os desafios de uma grande metrópole, como: o sistema de transporte, o uso e ocupação do solo, a poluição das águas, o abastecimento de água potável, a captação das águas pluviais, o tratamento de esgoto, etc.

Segundo o RCS (2019), a cidade tem trabalhado para reduzir os impactos ambientais resultantes do crescimento populacional desde a década de 1970, principalmente em relação ao

sistema combinado de esgoto e drenagem. Em 2018, estimou-se que mais de 33 bilhões de litros de esgoto combinado (águas residuais diluídas com escoamento de águas poluídas) foram lançados nas águas de Vancouver.

O descarte direto do sistema de esgoto e drenagem contribui para o aumento da poluição dos corpos receptores, e atinge a flora e a fauna local, bem como para o aumento da poluição gerada pelo escoamento da água da chuva, proveniente de: estradas, telhados e outras superfícies poluentes.

A solução encontrada em Vancouver está diretamente relacionada à água da chuva, que é adotada como recurso valioso para as comunidades e para os ecossistemas naturais, e gerenciada sob o conceito de LIUDD, por meio da Infraestrutura Verde-Azul²³, que se tornou parte da política pública de gestão, com o envolvimento da população, visando:

- melhorar e proteger a qualidade da água;
- aumentar a resiliência por meio da gestão sustentável da água; e
- melhorar as condições de habitabilidade, integrando os ecossistemas naturais e urbanos (RCS, 2019).

Observa-se que o termo “Infraestrutura Verde-Azul” vem sendo utilizado para nomear todas as estratégias que objetivam o aumento da resiliência urbana com relação às mudanças climáticas, como melhoria da capacidade de adaptação e a mitigação dessas anomalias nas cidades. Além disso, as práticas de manejo de águas pluviais em áreas urbanas permitem a integração de infraestruturas verdes e azuis para a restauração de rios e a revitalização urbana (PERINI e SABBION, 2017).

De uma maneira geral, os benefícios da GRI²⁴ estão ligados à melhoria do regime de balanço hídrico e a suavização do pico de escoamento das águas pluviais, que reduzem a erosão do solo, e melhoram a qualidade da água. Destaca-se, ainda, o controle da quantidade de água no escoamento, o que permite o gerenciamento do risco de inundação e auxilia na manutenção e proteção do ciclo natural da água, bem como no reabastecimento dos aquíferos subterrâneos (Figura 49).

²³ Infraestrutura composta por: *Green Rain Infrastructure* (GRI) ou *Blue Green Infrastructure* (BGI).

²⁴ Traduzido do inglês: *Green Rain Infrastructure* (GRI).

Figura 49 – Jardim de chuva e sistema de biorretenção de rua de Vancouver



Fonte: *Rainwater Management* (WATERBUCKET, 2021).

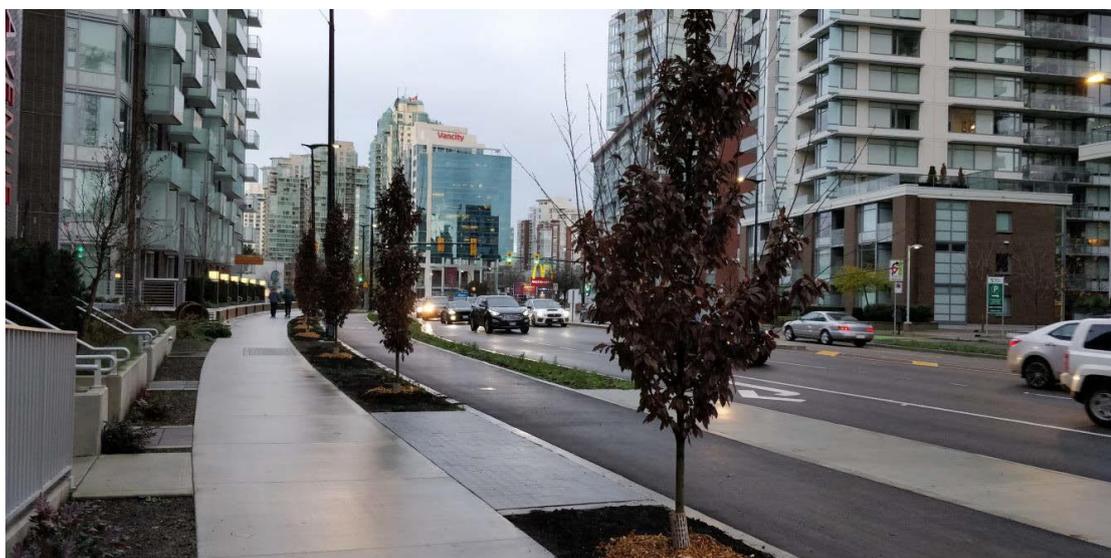
O *Rain City Strategy*²⁵ (RCS) é um plano estratégico elaborado pela cidade de Vancouver, que fornece um roteiro pragmático, e de longo prazo, para desenvolver as práticas e os serviços de gestão das águas pluviais por meio de uma estratégia baseada no Plano Integrado de Gestão das Águas da Chuva²⁶ (IRMP) de Vancouver, adotado pelo Conselho da Cidade em 2016, e que estabelece uma visão ambiciosa de ação coletiva em torno da implementação da Infraestrutura Verde-Azul (GRI).

Este plano prevê uma mudança na gestão das águas urbanas, pelo enriquecimento do foco renovado na saúde dos corpos d'água receptores, e pela redução dos riscos de inundação, melhoria da qualidade da água e criação de espaços para a água na cidade, valorização de sistemas de captação, reservação e utilização da água das chuvas (Figura 50).

²⁵ Tradução livre do autor para o português: “Estratégia da Cidade das Chuvas”.

²⁶ Traduzido do inglês: *Integrated Rainwater Management Plan* (IRMP).

Figura 50 – Trincheiras de captação de água da chuva em rua de Vancouver



Fonte: RCS, 2019.

Esta mudança de foco permite que a liderança e a responsabilidade da gestão das águas pluviais sejam compartilhadas e estendidas além do setor público e da infraestrutura pública. A visão mais holística e integrada tem a capacidade de alterar o atual cenário de gestão, que hoje depende amplamente da infraestrutura pública, para um cenário de gestão mais econômica no futuro, quando as propriedades privadas desempenharão um papel fundamental na redução da poluição dos sistemas (RCS, 2019).

De acordo com o RCS (2019), a cidade de Vancouver apresenta uma meta de desempenho de gerenciamento dos recursos hídricos e de implantação da Infraestrutura Verde-Azul, com características:

- a longo prazo, gerenciar 90% da precipitação média anual, por meio da captação, reservação, tratamento e reutilização do volume de água da chuva dos prédios públicos, até o limite de 48mm por dia; e
- até 2050, gerenciar o volume de água da chuva e qualidade da água para 40% das áreas impermeáveis da cidade, por meio de novos projetos e reformas estratégicas sob o conceito de LIUDD.

Os planos de ação propostos para a implementação da GRI são diferentes e possuem características próprias conforme as áreas a que se referem, como: ruas e espaços públicos; edifícios e obras locais; e parques públicos e praias. Além disso, espera-se que o conceito de LIUDD dos novos padrões de projeto se torne uma parte habitual em todos os setores e em todas as decisões de planejamento urbano da cidade.

Há muitos obstáculos para o avanço de uma nova abordagem para a gestão das águas pluviais, como: o crescimento populacional, a crise crônica da qualidade da água aquática, a emergência climática, a acessibilidade, a equidade e a reconciliação com os povos indígenas, entre outros. Entretanto, de acordo com o disposto no *Rain City Strategy* (2019), Vancouver deverá atingir os objetivos deste planejamento, a partir dos princípios orientadores propostos pela própria sociedade civil e por meio da aplicação das direções transformadoras democraticamente definidas por todos, conforme mostra o resumo do Quadro 10.

Quadro 10 – Resumo das propostas da Estratégia da Cidade das Chuvas (Vancouver)

Objetivos	Princípios Orientadores	Direções Transformadoras
<ul style="list-style-type: none"> – Remover os poluentes da água e do ar – Aumentar a área impermeável gerenciada – Reduzir o volume de água da chuva que entra no sistema de drenagem – Captar e reutilizar a água – Mitigar o efeito urbano das ilhas de calor – Aumentar as áreas verdes na cidade, inclusive com telhados verdes. 	<ul style="list-style-type: none"> – Projetar a cidade como uma bacia hidrográfica – <i>Design</i> da cidade e da infraestrutura capaz de manter os serviços ecossistêmicos – <i>Design</i> da cidade capaz de ampliar a resiliência, a adaptabilidade e a flexibilidade da gestão das águas – Projetar a cidade incentivando a participação democrática e comportamentos de respeito à água – Projetar a cidade buscando um futuro equitativo da água 	<ul style="list-style-type: none"> – Esforçar-se para se tornar parte uma cidade sensível à água – Responder com urgência às mudanças climáticas – Acelerar a ação para proteger a saúde e a vitalidade dos corpos d'água próximos – Revitalizar as bacias hidrográficas e as margens do rio para permitir que as comunidades e os sistemas naturais prosperem – Formar sistemas para integrar e valorizar todas as formas de água – Explorar a interação, a equidade e a reconciliação com os povos indígenas por meio da gestão urbana da água – Incentivar a inovação e a eficácia do sistema por meio de dados e análises – Permitir uma cultura de colaboração – Investir em educação, capacitação e parcerias para mobilizar ações

Fonte: Adaptado de RCS (2019).

A Figura 51 mostra um exemplo emblemático de alteração no *design* na cidade: o Centro de Convenções de Vancouver²⁷, que estabeleceu um novo padrão no campo da sustentabilidade de eventos, com a edificação de um prédio verde, com Certificação LEED²⁸ pelo Conselho de Construções Verdes do Canadá²⁹.

Figura 51 – *Vancouver Convention Centre, Canadá*



Fonte: *Vancouver Convention Centre*, 2022.

²⁷ Tradução livre de “*Vancouver Convention Centre*”.

²⁸ Abreviatura de “*Leadership in Energy and Environmental Design*”. O LEED é uma ferramenta de certificação que busca incentivar e acelerar a adoção de práticas de construção sustentável, a partir de uma abordagem do edifício por inteiro, desde a concepção de projeto até a construção final, bem como a sua manutenção.

²⁹ Tradução livre de “*Canada Green Building Council*”.

4.5.5. Adelaide, Brisbane, Melbourne, Perth e Sydney – Austrália

A Austrália é um país do hemisfério sul, localizado na Oceania, que compreende a menor área continental do mundo. O “continente-ilha”, como a Austrália é chamada, é banhado pelo oceano Índico e possui uma população de aproximadamente 23,4 milhões de habitantes, com cerca de 60% concentrada em torno das capitais continentais estaduais: Sydney, Melbourne, Brisbane, Perth e Adelaide.

Tecnologicamente avançada e industrializada, a Austrália é um país multicultural e com altos índices de desempenho em diversas áreas, como: saúde, expectativa de vida, qualidade de vida, desenvolvimento humano, educação pública, meio ambiente, liberdade econômica, bem como a proteção de liberdades civis e direitos políticos (SYDNEY, 2018).

A Austrália é um país sujeito a secas recorrentes, com longos períodos de escassez de água, como o que ocorreu entre 1997 e 2009, chamado de “Seca do Milênio”. Neste período, foi registrada uma estiagem sem precedentes, que baixou o nível de alguns reservatórios australianos a apenas 17% de água, o que obriga o governo australiano a elaborar novas políticas de gestão hídrica, realizar obras de infraestrutura, bem como criar e divulgar campanhas de conscientização por parte da população.

De uma maneira geral, a Austrália sobreviveu à “Seca do Milênio” e demonstrou inovação e com exemplos de planejamento e gestão de recursos hídricos sob o conceito do Desenho Urbano Sensível à Água³⁰ (WSUD), levando em conta as experiências das quatro maiores cidades da Austrália: Sydney, Melbourne, Brisbane e Perth.

De acordo com Turner *et al.* (2016), verifica-se atenção especial ao papel das medidas de redução do consumo de água para o enfrentamento da seca, tendo em vista que o uso eficiente das águas urbanas na Austrália foi o maior responsável pelo sucesso do modelo, e economizou mais água a um custo menor e com maior velocidade do que as opções de ampliação da oferta de água.

O impacto da “Seca do Milênio” australiana sobre o abastecimento de água nos centros urbanos variou consideravelmente em todo o país devido às diferenças climáticas, aos sistemas de fornecimento de água e à criação de políticas públicas.

³⁰ Tradução livre para o português de *Water Sensitive Urban Design*.

Além disso, diferentes públicos tiveram diferentes experiências da seca, o que permitiu uma nova visão formada a partir do envolvimento dos agentes de serviços públicos e dos governos nesse período, e valorizou os cenários de políticas públicas ambientais relevantes (TURNER *et al.*, 2016)

A experiência australiana em gestão de águas pluviais adquirida na estiagem, baseada nos documentos (boletins, relatórios e processos administrativos) gerados por autoridades públicas e pela sociedade civil, permitiu desenvolver cinco dimensões importantes, como linhas de ação para atenuar os impactos da crise hídrica no país, resumidas no Quadro 11.

Quadro 11 – Resumo das experiências australianas com a “Seca do Milênio”

	GERENCIANDO CRISES E OPORTUNIDADES	A estiagem representou tanto uma crise quanto uma oportunidade para inovação – para a implantação de novas iniciativas de economia de água e de incentivos em larga escala, e para potencializar a vontade política e da comunidade para a realização de mudanças regulatórias e políticas necessárias. Por outro lado, a tomada de decisões políticas orientadas pela emergência resultou em investimentos excessivos.
	TRABALHANDO EM CONJUNTO	Parcerias sólidas, compartilhamento de conhecimento e coordenação entre os diferentes atores – estados, agências, serviços públicos, pesquisadores e indústrias – contribuíram para o sucesso na resposta à “Seca do Milênio”. Após a seca, essas parcerias podem se dissolver e os governos e os serviços devem encarar o desafio de reter a economia de recursos e o conhecimento gerado por essas parcerias.
	FALANDO E OUVINDO	A comunicação e o envolvimento do público em programas de economia de água e na situação de escassez de recursos hídricos foram essenciais para o sucesso de todas as iniciativas de economia de água. No entanto, em muitos locais, os governos e as empresas de serviços públicos de água não conseguiram aproveitar a oportunidade para realizar um maior engajamento comunitário e estabelecer um processo de referência para a tomada de decisões quanto ao fornecimento de água.
	ESTABELECENDO REGRAS	Os governos precisam estabelecer as referências de boas práticas para as políticas e arranjos regulatórios que permitam ao mesmo tempo os investimentos em medidas de oferta de água, com base em análises de custo-benefício, e em medidas de eficiência hídrica.
	ESCOLHENDO O CAMINHO MAIS FÁCIL	Durante a seca, é essencial considerar todas as opções, tanto no campo da oferta quanto da demanda, e priorizar a implantação de opções de menor custo para evitar arrependimentos. O planejamento de “opções reais” e o conceito de “prontidão” permitem que os tomadores de decisão priorizem opções e lidem com as incertezas sobre a duração e a gravidade de uma estiagem.

Fonte: Turner *et al.*, 2018.

O crescimento populacional e a expansão das áreas urbanas se tornaram um grande desafio para o poder público na Austrália, pois era preciso buscar políticas de expansão da

economia, sem causar danos ao meio ambiente, e devido a participação democrática como um valioso instrumento de gestão integrada aos outros setores, como: indústria, educação, saúde, segurança e saneamento (TURNER *et al.*, 2016).

A indústria da construção civil é uma atividade potencialmente poluidora, resultando em inúmeros problemas ambientais. O grande desafio dos arquitetos e engenheiros é projetar e construir criativamente edifícios sustentáveis, que produzam uma quantidade mínima de poluição, usem uma quantidade mínima de fontes não renováveis de energia e utilizem os recursos naturais de forma sustentável (SAMAR e MAGDY, 2011).

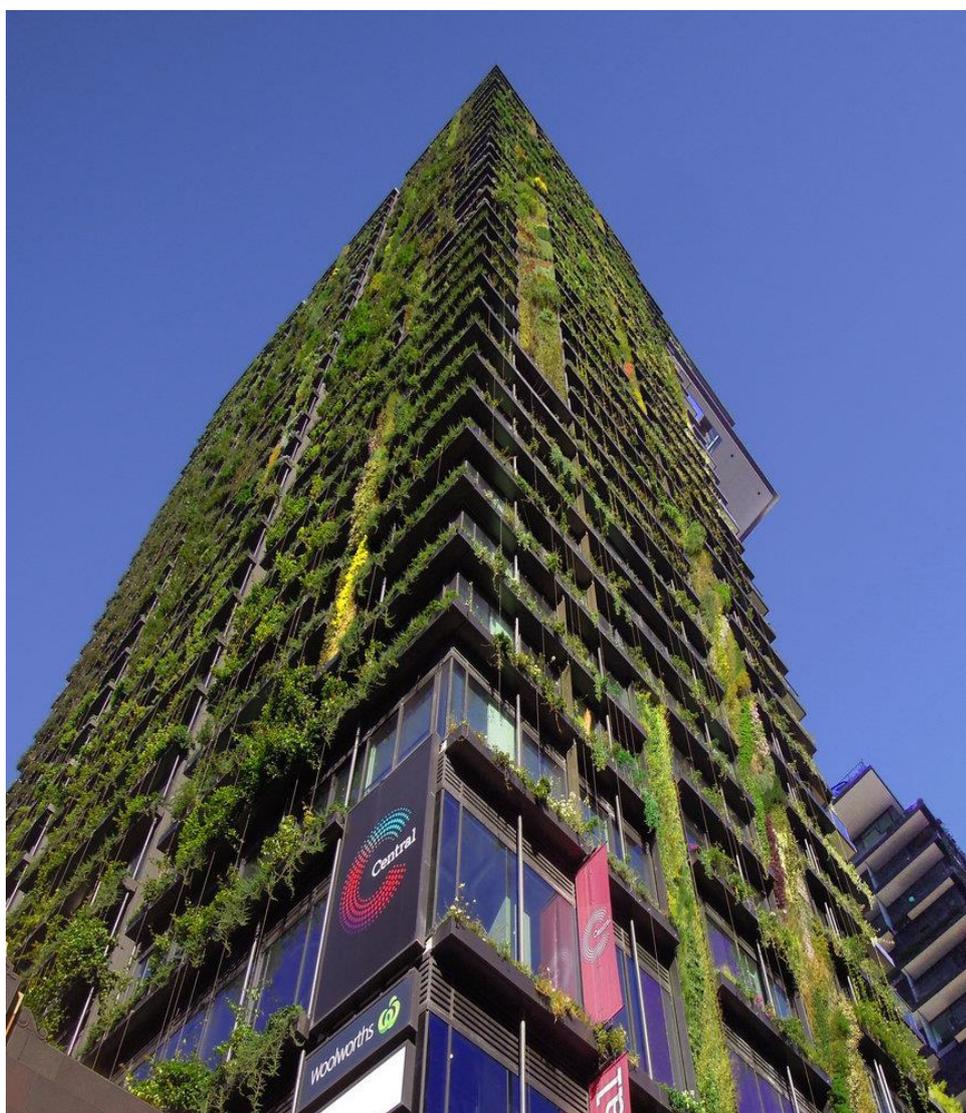
A utilização da Infraestrutura Verde-Azul nas cidades da Austrália tem aumentado consideravelmente, e a construção de “prédios verdes” – residenciais ou comerciais – é considerada uma alternativa habitual, por conta dos benefícios ambientais que estes projetos promovem para as cidades e seus habitantes.

Segundo Samar e Magdy (2011), uma técnica relativamente nova é a introdução de paredes verdes³¹, que reduzem o efeito de ilha de calor urbana e a poluição sonora, além de permitirem o isolamento dos edifícios, com economia de energia, pois é necessário menos resfriamento ou aquecimento artificial. As paredes vivas absorvem partículas de poeira, gases de efeito estufa e outros poluentes atmosféricos, contribuem positivamente para as mudanças climáticas e tornam o ar mais limpo e saudável para respirar.

A Figura 52 mostra o prédio *One Central Park* em Sydney – um edifício de uso misto com áreas comerciais no térreo e apartamentos residenciais nos pavimentos superiores – cujo projeto de jardins verticais, concebido pelo botânico e paisagista Patrick Blanc, foi considerado o maior do mundo até 2013 (FIGUEIREDO, 2020).

³¹ Traduzido do inglês “*green walls*”, que consiste em uma parede de plantas vivas de tipologia “verde”, onde uma estrutura vertical construída é intencionalmente coberta por vegetação.

Figura 52 – Paredes verdes do prédio icônico *One Central Park*, em Sydney



Fonte: SustentArqui, 2020.

A experiência da Austrália no período da “Seca do Milênio”, e também no período que a antecedeu, permitiu que o poder público, em conjunto com os prestadores de serviços e a sociedade civil, incentivasse uma série de medidas ou ações inovadoras de gestão das águas pluviais, que servem de exemplo para outras comunidades no mundo. O Quadro 12 apresenta um resumo dessas medidas – protetivas ou restritivas – com uma sucinta descrição dos desafios de cada uma (TURNER *et al.*, 2016).

Quadro 12 – Resumo de medidas incentivadas após a “Seca do Milênio” na Austrália

MEDIDAS
<p>Restrições Recurso muito utilizado durante a seca, voltado principalmente ao uso de água em áreas externas, tanto no setor residencial, quanto nos setores não-residenciais</p>
<p>Kits “Faça Você Mesmo” para a economia de água Kits contendo reguladores e arejadores para chuveiros e torneiras oferecidos gratuitamente em espaços públicos como <i>shopping centers</i></p>
<p>Troca de chuveiros Os participantes em geral trocaram até dois chuveiros ineficientes por equipamentos eficientes gratuitos obtidos em vários pontos de distribuição, como <i>shopping centers</i>, subprefeituras e lojas de equipamentos</p>
<p>Programas de substituição de vasos sanitários Geralmente, o programa consistia na troca, realizada por um encanador qualificado, de até dois vasos sanitários de descarga comum por novos e eficientes vasos de descarga dupla de 3 e 4½ litros com um desconto fornecido pelo governo estadual</p>
<p>Programa de descontos em máquinas de lavar Descontos oferecidos em pontos de vendas para a aquisição de máquinas de lavar roupas com um nível mínimo de eficiência especificado</p>
<p>Descontos em cisternas para captação da água de chuva Os programas, em geral, ofereciam descontos em escala para participantes que comprassem reservatórios que variavam de 1.000 a 10.000 litros. Também havia descontos adicionais para incentivar a conexão a dispositivos de áreas internas, e que poderiam fazer uso dessa água, como vasos sanitários e máquinas de lavar, para aumentar ainda mais a economia</p>
<p>Foco nos usuários residenciais de alto consumo Este programa voltou-se aos 10% de usuários residenciais com consumo de água mais alto, que utilizavam mais de 140 L/pessoa/dia. Envolveu uma pesquisa detalhada quanto à utilização da água, enviada para 79.000 residências e, na sequência, planos personalizados quanto ao uso de água, com aconselhamento sobre como economizar</p>
<p>Meta 140/155 Uma campanha de comunicação inovadora, multimidiática e multiestratégica para encorajar a redução no consumo de água residencial para 140 ou 155 L/pessoa/dia (no sudeste de Queensland e em Melbourne, respectivamente) para todos os tipos de uso</p>
<p>Panelas Wok³² sem água Programa focado nos restaurantes asiáticos que oferecia subsídios para substituir fogões comerciais para panelas <i>wok</i> com refrigeração à base de água por equivalentes sem água</p>
<p>Planos de gestão da eficiência hídrica de negócios/planos de ação para a economia de água</p>
<p>Comunicação e promoção da importância da conservação e economia de água</p>
<p>Controle da pressão e de vazamentos Aumentar os investimentos na inspeção de redes de distribuição de água para detectar vazamentos, evitando rachaduras nas tubulações e instalando equipamentos para o controle da pressão.</p>

Fonte: Turner *et al.*, 2016

³² Panela *wok* é um utensílio tradicional asiático feito em aço ou ferro fundido, geralmente revestido internamente com uma camada de carbono, que retém o calor por um longo período de tempo.

4.5.6. Auckland – Nova Zelândia

A cidade de Auckland é a cidade mais populosa e considerada mais importante da Nova Zelândia, com aproximadamente 1.660.000 habitantes distribuídos em seus 1.086 km² de área e distante aproximadamente a 500 km da capital daquele país: Wellington. Conhecida pela sua qualidade de vida, Auckland concentra a maior parte da população, atraída pelas oportunidades de emprego, educação de qualidade e infraestrutura de esporte, lazer e turismo.

Auckland apresenta elevado grau de industrialização, que em conjunto com as reservas de petróleo, carvão e gás natural da Nova Zelândia, a tornam um destaque na economia nacional. Apesar destes pontos positivos, a cidade sofreu um grande impacto com o crescimento populacional, exigindo do poder público a implantação de uma política local voltada para a preservação ambiental.

Sob esse contexto, Auckland ficou conhecida por conceber e aplicar o conceito de LIUDD no final da década de 1990 e, conseqüentemente, por buscar uma maneira de administrar a cidade sem danificar o meio ambiente local. A administração local considera parâmetros de localização, topografia, hidrologia, características de uso e ocupação do solo e biodiversidade, a fim de reduzir o impacto do desenvolvimento urbano e consolidar o processo de gestão ambiental integrada (IGNATIEVA *et al.*, 2008).

De acordo com Michael Krausse (2009), aplicar o LIUDD na gestão das águas pluviais é explorar, no estágio inicial de projeto, o potencial dos espaços urbanos a fim de reduzir as áreas impermeáveis e as alterações locais, mantendo a infiltração e a cobertura vegetal em áreas estratégicas e incorporando o armazenamento e a reutilização para gerenciar o fluxo e a qualidade da água.

Sob o conceito de LIUDD, diversos projetos e ações na gestão das águas pluviais são incentivadas na cidade de Auckland com o objetivo de evitar danos ambientais e por meio do controle das fontes de poluentes. Entre elas, pode-se citar:

- a redução de superfícies impermeáveis (uso de pavimentos permeáveis ou porosos);
- a incorporação da Infraestrutura Verde-Azul (jardins de chuva, valas de infiltração, telhados verdes);
- a reutilização da água;

- a geração de energia;
- a redução da produção de resíduos; e
- a proteção e recuperação de recursos naturais.

O LIUDD é uma responsabilidade combinada em benefício da comunidade como um todo, envolvendo: gestores, desenvolvedores, agências de políticas públicas de planejamento e regulamentação, prestadores de serviços, universidades e população. O objetivo é a participação democrática em busca de um resultado satisfatório, levando em consideração: o custo, a manutenção e a capacidade de adaptação da sociedade (IGNATIEVA *et al.*, 2008).

O desenvolvimento do LIUDD na Nova Zelândia foi liderado pelas autoridades locais, em especial pelo Conselho Regional de Auckland, e em conjunto com os Conselhos Municipais de North Shore, Manukau, Waitakere e Christchurch e o Conselho Distrital da Costa de Kapiti. O sucesso deste modelo se confirmou, principalmente, pela inclusão da população no processo de gestão, de modo a garantir que todos os setores da sociedade pudessem implantar essa metodologia desde as propriedades privadas de pequeno e médio porte, até os estabelecimentos comerciais de grande porte, bem como o setor público.

Além de todas as metodologias conhecidas de LIUDD, Auckland desenvolveu em 2015, em conjunto com a sociedade local, o Estatuto das Águas Pluviais (Figura 53), que contém as decisões sobre a gestão das águas pluviais e os modelos a serem aplicados naquela cidade e na sua região metropolitana, com as práticas de:

- gerenciar o desenvolvimento e a manutenção da rede pública de águas pluviais e as terras, estruturas e infraestrutura associadas a essa rede;
- proteger a rede pública de águas pluviais e as terras, estruturas e infraestrutura associadas a essa rede contra danos, uso indevido ou perda;
- gerenciar o uso da rede pública de águas pluviais e as terras, estruturas e infraestrutura associadas a essa rede e prever as condições em que as conexões com a rede pública de águas pluviais podem ser feitas ou mantidas;
- garantir que as descargas na rede pública de águas pluviais não danifiquem a rede ou comprometam a capacidade do Conselho de cumprir qualquer consentimento de descarga de rede aplicável;

- impedir a interferência na rede pública de águas pluviais e o solo, estruturas e infraestrutura associados a essa rede;
- gerenciar a rede pública de águas pluviais e as terras, estruturas e infraestrutura associadas a essa rede, de modo a proteger o público de incômodos e promover e manter a saúde e segurança públicas;
- providenciar medidas para gerenciar os sistemas de drenagem do solo que fazem parte da rede de águas pluviais; e
- garantir a manutenção e operação de sistemas privados de águas pluviais, a remoção ou desativação de sistemas redundantes de águas pluviais em terrenos particulares para evitar danos à rede de águas pluviais.

Figura 53 – Logo do Estatuto das Águas Pluviais de Auckland, Nova Zelândia



Fonte: Adaptado de *Stormwater Bylaw 2015*.

4.5.7. Singapura

Singapura é uma cidade-estado insular situada ao sul da Malásia, com uma população de aproximadamente 5.640.000 habitantes distribuídos em 716,1 km². A sua posição estratégica e o status de porto livre, tornaram Singapura um importante centro comercial e parte dos chamados Tigres Asiáticos, juntamente com Hong Kong, Coreia do Sul e Taiwan (KING, 2006).

Tendo em vista que o índice pluviométrico médio anual é 2.400 mm e a demanda por água potável é de $1,6 \times 10^6$ m³/dia, Singapura busca excelência na gestão das águas, de acesso universal, eficiente e de qualidade.

Desta forma, o modelo de gestão introduzido em Singapura se baseia em abordagens inovadoras de gestão ambiental integrada da água, como: a reutilização de água regenerada, o estabelecimento de áreas protegidas nas bacias hidrográficas urbanas e o uso de estuários como reservatórios de água doce, juntamente com a dessalinização da água do mar para reduzir a dependência do país importado da vizinha Malásia (KING, 2006).

A gestão das águas pluviais de Singapura está sob a responsabilidade do Diretório de Utilidade Pública (PUB)³³, que é a agência nacional de águas, e cuja abordagem de gestão não se baseia apenas na infraestrutura física, mas também na legislação adequada, no preço da água, na educação pública, bem como na pesquisa e no desenvolvimento (PUB, 2018).

Os objetivos do PUB estão concentrados em planejar, desenvolver e gerenciar reservatórios e hidrovias para abastecimento de água e controle de inundações, integrando-os ao ambiente circundante de maneira sustentável, por meio de:

- otimizar a coleta e o armazenamento da água da chuva;
- reduzir as áreas propensas às inundações;
- manter a qualidade da água bruta nos reservatórios e nas vias navegáveis;
- valorizar a integração dos cursos de água e reservatórios com imóveis adjacentes e empreendimentos próximos; e
- incentivar a aproximação das pessoas e a água.

A Norma CP-48, publicada pelo PUB, é o código de prática dos serviços de água de Singapura que regulamenta o padrão de boas práticas de gestão das águas pluviais e estabelece as especificações técnicas das instalações hidrossanitárias da ilha, bem como regulamenta a ação de profissionais e empresas de engenharia hidráulica (PBU, 2018).

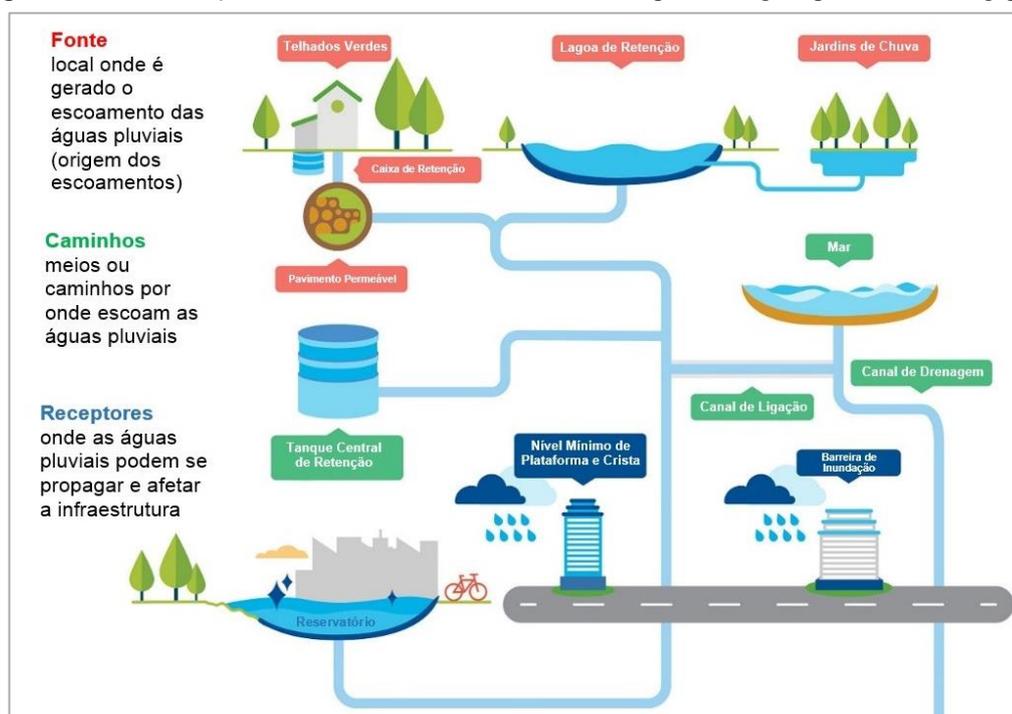
³³ Traduzido de: “PUB – *Public Utilities Board. Singapore’s National Water Agency*”.

O Departamento de Abastecimento de Água (Redes) controla todos os serviços de abastecimento e distribuição, e estipula a pressão da água disponível em diferentes partes da ilha, que pode variar conforme a elevação da terra e a hora do dia. O departamento mantém uma pressão da água capaz de abastecer diretamente as conexões de água que não excedam 125 mRL (metros de nível reduzido).

O PUB orienta que o suprimento de água para conexões de água acima deste nível deve ser indireto, por meio de tanques de armazenamento de água, e que a pressão diária da água na rede de distribuição deve variar conforme o padrão de consumo, ou seja, pressão mais alta quando o consumo é mínimo e mais baixa quando o consumo atinge o máximo (PUB, 2018).

De acordo com PUB (2018), Singapura adota três estratégias para o gerenciamento das águas pluviais: (a) fornecimento da rede de drenagem adequada para implantar novos empreendimentos, (b) aplicação de medidas de proteção contra inundações e (c) melhoria contínua do sistema de drenagem; bem como desenvolve uma inter-relação entre as diversas fontes, os meios ou caminhos de escoamento e os elementos receptores dessas águas, conforme representado na Figura 54.

Figura 54 – Inter-relação entre fonte, caminho e elemento receptor das águas pluviais em Singapura

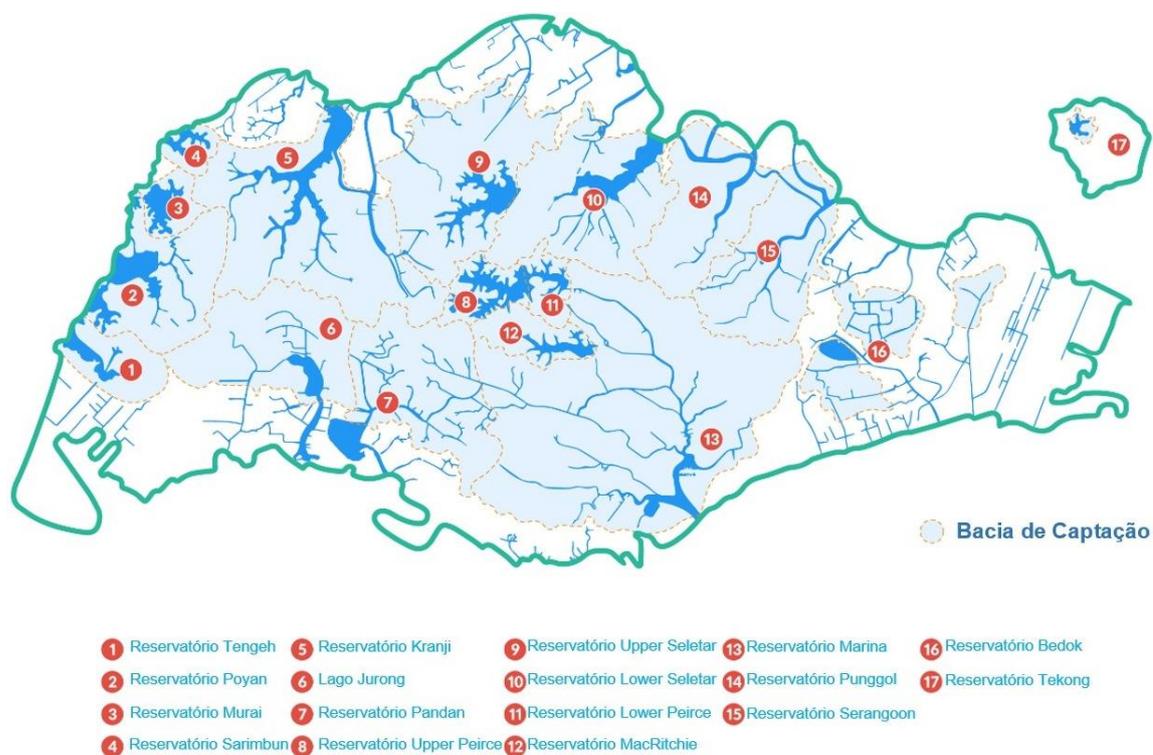


Fonte: Adaptado de PUB (2018).

O monitoramento e controle do sistema é garantido no processo de gestão das águas pelo PUB, que orienta arquitetos e engenheiros, consultores e órgãos públicos na elaboração de propostas que atendam às especificações de planejamento, de projeto e de construção estipuladas na Norma CP-48 (PUB, 2018).

Dois terços da área de Singapura são usados como captação de águas pluviais, por meio da rede de drenagem, dos canais e dos rios, que encaminham o fluxo para 17 reservatórios, que passam a servir como fonte de abastecimento de água, conforme Figura 55.

Figura 55 – Reservatórios receptores de águas pluviais de Singapura



Fonte: Adaptado de PUB (2018).

Em 2006, o PUB lançou o Programa ABC das Águas³⁴, que se tornou uma iniciativa estratégica de longo prazo para melhorar a qualidade das águas e aproximar a população dos canais e rios, para que pudessem apreciar e valorizar esse recurso por meio da integração dos corpos d'água aos parques e espaços verdes – transformando Singapura em uma Cidade de Jardins e Água. Os ativos de infraestrutura hidráulica, como drenos, canais e reservatórios,

³⁴ Traduzido de: “ABC Waters Programme. *Active, Beautiful and Clean Singapore*” (PUB, 2018).

foram além de suas funções de controle de inundações e armazenamento de água, transformando-se em belos córregos, rios e lagos (Figura 56) (PUB, 2018).

Figura 56 – Exemplo de ação do Programa ABC das Águas em Singapura



(a)

(b)

Legenda: (a) “antes”: via navegável marrom, devido aos resíduos e ao silte lavado das superfícies expostas ou locais de construção após uma forte chuva; e

(b) “depois”: via navegável mais limpa e com impacto visual positivo após a implantação de boas práticas de gestão das águas pluviais propostas pelo Programa ABC das Águas.

Fonte: PUB, 2018.

Outro exemplo bem-sucedido de gestão ambiental integrada é a *Marina Barrage* (Figura 57), composta por uma barragem construída no Canal da Marina e um reservatório de água doce, que oferece uma fonte de abastecimento de água, cria um local de recreação, e ajuda reduzir os riscos de inundação em áreas baixas da cidade.

Figura 57 – *Marina Barrage* em Singapura



Fonte: PUB, 2018.

4.5.8. Seul – Coreia do Sul

Seul é a capital e a maior metrópole da República da Coreia – Coreia do Sul – com uma população de aproximadamente 9.840.000 habitantes distribuídos em uma área de 605,21 km². A cidade é o núcleo da Região Metropolitana de Seul, que inclui a metrópole vizinha de Incheon e a província de Gyeonggi, a segunda maior área metropolitana do mundo, com mais de 25 milhões de habitantes.

Situada às margens do rio Han, a história de Seul remonta a mais de dois mil anos de ocupação, cujo crescimento populacional se deu às margens do córrego Cheong-Gye. No final da década de 1990, a Coreia do Sul se tornou um “Tigre Asiático” devido ao *boom* econômico alcançado pelo país chamado de “Milagre do rio Han”, que possibilitou um salto de desenvolvimento humano sem precedentes no mundo, e fez de Seul um alvo da atenção internacional e o destino turístico mais procurado do mundo por turistas chineses, japoneses e tailandeses por anos consecutivos e a décima cidade mais visitada do mundo (HEDRICK-WONG e CHOONG, 2018).

O rio Han, formado pela convergência dos rios Namhan e Bukhan, atravessa o centro de Seul, de leste a oeste, juntando-se ao rio Imjin antes de fluir para o mar Amarelo, ao norte de Incheon. Na cidade de Seul, o rio Han sofre contribuição de 36 pequenos e médios riachos e córregos, de forma dendrítica e de leque, que dividem as zonas de planejamento de fluxo, a saber: Jungnang (córregos Cheong-Gye e Jungnang), Tan (córregos Tan e Yangjae), Nanji (riachos Bulgwang e Hongje) e Seonam (riacho Anyang).

A configuração da bacia, a intensificação da urbanização, a poluição hídrica e a crescente frequência dos alagamentos dificultaram o uso e a ocupação do solo, bem como a gestão das águas pluviais, de modo a resultar em grandes inundações e danos consideráveis. A rigor, as áreas mais altas eram ocupadas pelas classes sociais proeminentes, enquanto os mais pobres ocupavam as partes mais baixas e sujeitas a alagamento (REIS e SILVA, 2016).

De acordo com Reis e Silva (2016), sob a difusão da visão ocidental de uma modernidade revestida de concreto armado, marcada pela onipresença do automóvel particular sobre viadutos desimpedidos, emerge o projeto de construção de uma via expressa sobre a laje que ora recobria o córrego Cheong-Gye, conectando o centro aos bairros adjacentes, como observado na Figura 58.

Figura 58 – Construção das lajes sobre o córrego Cheong-Gye, Seul, Coreia do Sul



(a) Construção da laje sobre o córrego, e que serviu de pista de rolamento para a avenida; e
 (b) Pilares de sustentação da laje, baseadas no leito do córrego.

Fonte: Reis e Silva (2016).

Em 2001, um evento de chuvas torrenciais causou uma grande enchente em Seul, e com a variação no volume da água ao longo daquele ano por causa das monções, foram projetadas áreas para transbordo da água e introduzidos recuos e aterros de absorção. Por causa das constantes cheias na cidade, o Governo Metropolitano³⁵ decidiu criar uma comissão para reavaliar o sistema de drenagem e elaborar o “Projeto Cheong-Gye”, que consistia na demolição completa do elevado e pela revitalização do córrego. Essa comissão criou um consórcio formado pelo governo, institutos de pesquisa e por grupos de cidadãos organizados, cada qual responsável por um domínio do projeto (SHIN *et al.*, 2011).

O projeto consumiu três anos de obras e consistiu, basicamente, na construção de uma rua de pedestre ao longo das margens, 17 entradas de acesso a orla e 22 pontes de conexão. Além disso, a revitalização criou 3,6 km de área verde contínua para pedestres e ciclistas, bem como a reconfiguração do sistema de ônibus, de metrô e na circulação de automóveis (Figura 59). A demolição gerou um total de 680.000 toneladas de lixo, dos quais a totalidade das sobras metálicas e 75% do concreto e do asfalto foram reciclados e usados na própria obra, como solução ambientalmente correta (SEOUL METROPOLITAN GOVERNMENT, 2006).

³⁵ O Governo Metropolitano de Seul é a instância administrativa eleita para governar a Região Metropolitana de Seul, formado por um prefeito e três vice-prefeitos eleitos para organizar a administração dos 25 distritos autônomos e dos 522 subdistritos que compõem a Grande Seul (REIS e SILVA, 2016).

Figura 59 – Antes, durante e depois do “Projeto Cheong-Gye”, Seul

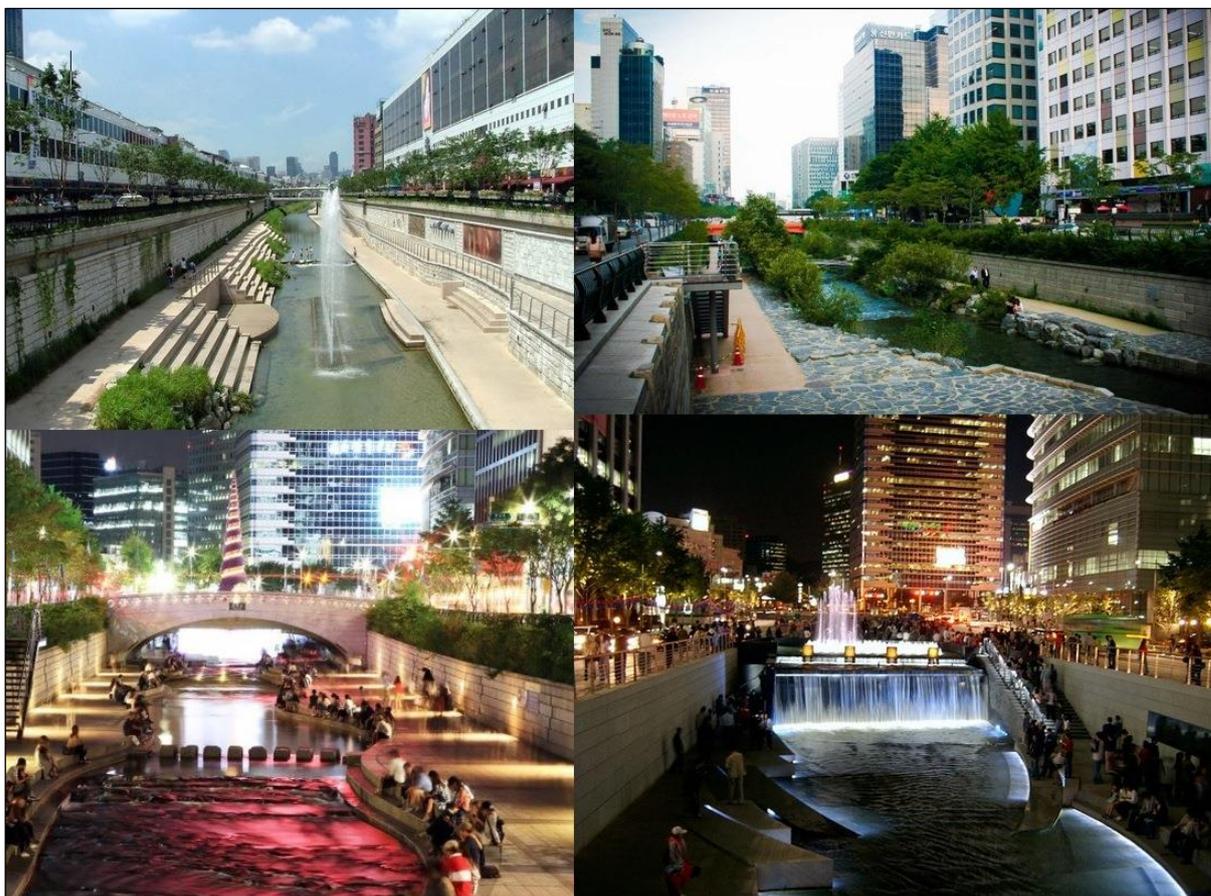


Fonte: *Seoul Metropolitan Government*, 2006.

Na margem mais alta, foram instaladas separadamente linhas coletoras de esgoto e de águas pluviais, que seguem para as estações de tratamento ao longo do córrego, cujos efluentes fornecem o volume necessário para manter o fluxo de água e uma profundidade média de 40 cm para o Cheong-Gye.

Além disso, por ser um córrego intermitente, a água do curso restaurado é bombeada do rio Han, purificada e distribuída em quatro pontos ao longo do córrego, promovendo um ambiente ambientalmente sociável, conforme mostrado na Figura 60 (SEOUL METROPOLITAN GOVERNMENT, 2006).

Figura 60 – Córrego Cheong-Gye revitalizado (dia e noite), centro da cidade de Seul, Coreia do Sul



Fonte: *Seoul Metropolitan Government*, 2006.

4.5.9. Amsterdã – Países Baixos

Amsterdã (ou Amesterdão) é a capital do Reino dos Países Baixos, e é conhecida pelo seu patrimônio artístico, um elaborado sistema de canais e as casas estreitas com telhados de duas águas, legados da era dourada do século XVII na cidade. Com uma população de aproximadamente 835.000 habitantes, em uma área de 219 km², a cidade está localizada na província da Holanda do Norte, região metropolitana com 890 km², com uma das maiores aglomerações urbanas da Europa, e aproximadamente 7 milhões de habitantes (CIVITATIS, 2020).

Atualmente, a cidade de Amsterdã perdeu a importância comercial devido ao porto de Rotterdam e por ter cedido o poder político à Haia, que é a atual capital econômica dos Países

Baixos. Entretanto, a cidade segue como um grande centro intelectual, uma cidade industrial (talha de diamantes) e de serviços (Aeroporto de Schiphol), de caráter multirracial, com uma grande porcentagem de imigrantes e símbolo universal de tolerância e liberdade (CIVITATIS, 2020).

Por causa do relevo da região, que se encontra abaixo do nível do mar, a maior parte da cidade é constituída por pôlderes, que fazem parte de um sistema bem projetado de canais em forma de círculos interligados, que representam a base do sistema de drenagem urbana de Amsterdã.

As condições climáticas da região, com índice de chuvas em torno de 790 mm/ano, e a posição geográfica, regulada pelas águas salgadas do mar do Norte, adicionadas com ventos fortes e frentes frias em um solo pouco resistente, tornando a gestão das águas um desafio para o poder público de Amsterdã (FEDDES, 2012).

O Programa Delta foi um programa de construção aprovado pelas Autoridades Hídricas Regionais³⁶ e iniciado após as inundações de 1953, que custou cerca de 13 bilhões de dólares e demorou quatro décadas para ficar pronto. Os objetivos principais deste programa são:

- atenuar a Holanda dos impactos das inundações;
- garantir suprimentos suficientes de água doce; e
- proteger o país dos efeitos das alterações climáticas.

A Figura 61 mostra um panorama geral da enchente ocorrida na região de Amsterdã em 1953, que matou mais de 1,8 mil pessoas, e que exigiu do governo a criação de regras mais rígidas para o uso e ocupação do solo, a partir da construção de barragens contra enchentes mais robustas e que resistissem às tempestades (NETHERLANDS, 2019).

³⁶ Conhecidos como “conselhos hídricos” ou “*Waterschappen*” (em holandês), são grupos eleitos pelas comunidades locais desde o século XIII e com autonomia para cobrar impostos e decidir as diretrizes das políticas locais (NETHERLANDS, 2019).

Figura 61 – Inundações de 1953 do mar do Norte, no sudoeste de Amsterdã



Fonte: *National Archives and Records Administration*, foto aérea do helicóptero do Exército dos Estados Unidos da América, 1953.

O governo holandês gasta atualmente cerca de 1,3 bilhão de dólares por ano com o controle das águas e os conselhos hídricos outros milhões com a manutenção de diques e canais, com a caça aos ratos-almiscarados³⁷ e com o bombeamento de água de *polderlands*, que são antigos pântanos, lagos e áreas de mar que se tornaram habitáveis com a ajuda das barragens (NETHERLANDS, 2019).

Cada uma das cinco diretrizes do Programa Delta – anualmente reavaliado – cobre um aspecto importante da política de gestão das águas, e permite que o governo as incorpore na

³⁷ O rato-almiscarado é um roedor, que constrói sua casa perto de lagos, rios e marismas, cavando ninhos profundos para protegerem suas crias, enfraquecendo diques, barragens, represas e outras estruturas.

legislação, a partir da definição das medidas adaptativas e das metas de gerenciamento de risco, sob os aspectos:

- gestão da drenagem urbana (aumento das barreiras naturais);
- gestão do abastecimento de água doce (disponibilidade de água);
- mitigação dos impactos gerados pela alteração do clima (adaptação espacial);
- inovação e participação do setor privado; e
- colaboração internacional (fundo para segurança e desenvolvimento de tecnologias de prevenção).

Apenas 50% da Holanda está a alguns metros acima do nível do mar, o que fez dos holandeses, ao longo dos séculos, especialistas em gestão das águas. A cidade de Amsterdã se encontra dois metros abaixo do nível do mar e é banhada pelo rio Amstel, que originou o nome da cidade, precisando ser protegida de inundações por um sistema de diques e barragens (FEEDS, 2012).

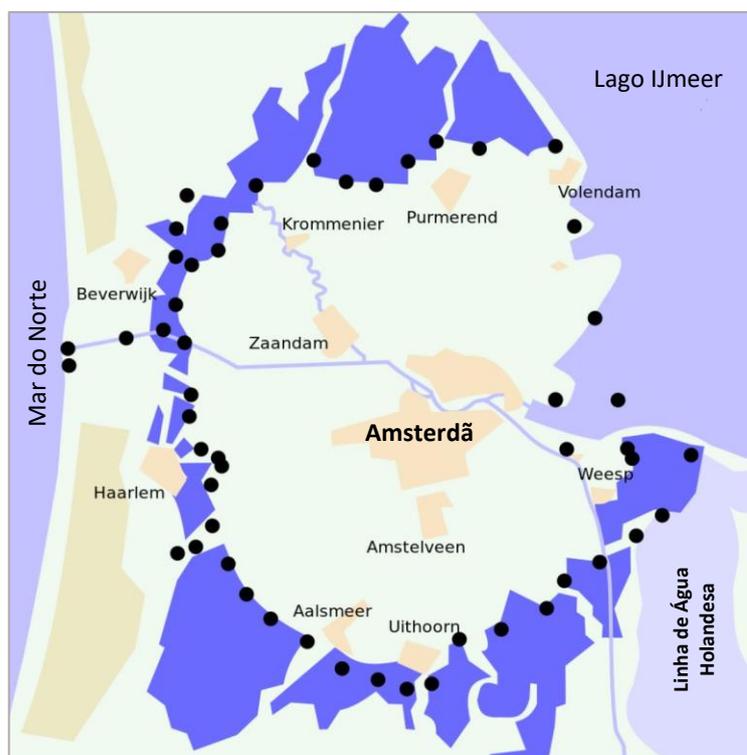
O país tem se adaptado aos requisitos climáticos atuais e constituído investimentos em novos programas de gestão, a fim de transmitir novos conhecimentos e novas experiências para a população. Desta forma, o poder público holandês vem investindo em um plano chamado “Mais Espaço para os Rios”³⁸, que visa diminuir as enchentes, dando espaço de vazão para as águas (RIJKSWATERSTAAT, 2020).

O conceito do “Mais Espaço para os Rios” definiu um *layout* diferente das áreas dos rios, ofereceu mais segurança hídrica, revitalização das áreas de natureza e de recreação e, conseqüentemente, um ambiente de vida atraente para a população.

Desde 2006, o governo holandês, em estreita consulta com os moradores, adotou medidas adaptativas em 34 locais no entorno de Amsterdã (Figura 62), formando um cinturão de obras hidráulicas, que melhoraram a qualidade de vida de aproximadamente 4 milhões de habitantes, sob um custo total de 2,3 bilhões de euros (RIJKSWATERSTAAT, 2020).

³⁸ Traduzido do holandês: “*Ruimte voor de Rivieren*”.

Figura 62 – Cinturão de segurança hídrica em torno de Amsterdã, Holanda



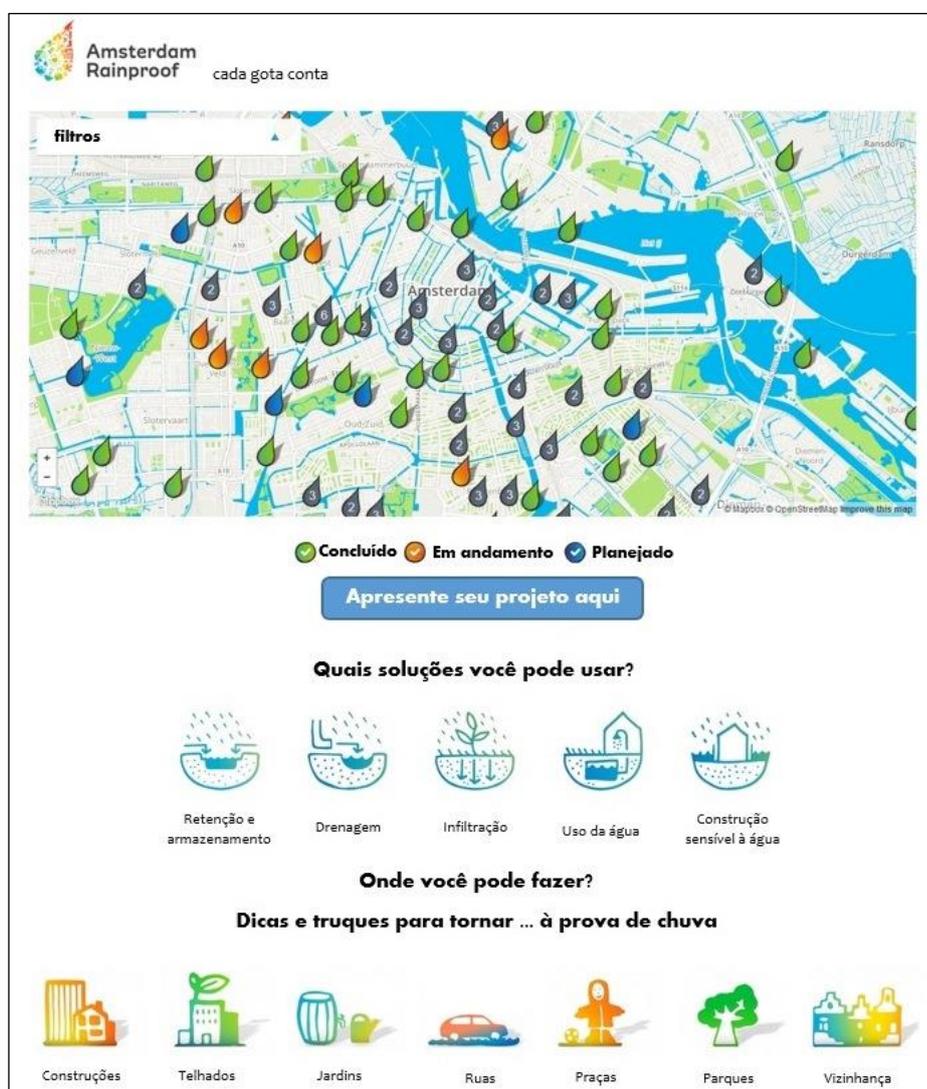
Fonte: Adaptado de Rijkswaterstaat, 2020.

As obras de engenharia, como *despoldering* ou deslocamento de diques, foram executadas a fim de atender aos requisitos climáticos atuais na Holanda. Além disso, um canal secundário perto de Nijmegen tornou-se parte de um parque fluvial especial e os polders do Noordwaard foram convertidos em uma paisagem florestal característica. A abertura do canal de águas altas de Reevediep, no início de 2019, marcou a conclusão do programa e o sucesso da parceria com os habitantes da região, que decidiram as medidas contra inundações, tornaram a área do rio mais segura e, economicamente e ecologicamente, fortalecida.

A preocupação com as alterações climáticas fez com que o governo de Amsterdã desenvolvesse uma plataforma chamada “Amsterdã Sensível à Água”³⁹, que coleta e conecta soluções, produtos e iniciativas de controle de inundações e proteção ao sistema de esgotamento sanitário. A plataforma incentiva, ainda, a implantação de espaços urbanos externos mais inteligentes, que possam reter e armazenar a água da chuva (Figura 63).

³⁹ Tradução livre de “*Amsterdam Rainproof*”.

Figura 63 – Plataforma “Amsterdã Sensível à Água”



Fonte: Adaptado e traduzido de *Amsterdam Rainproof*, 2020.

A estratégia é criar uma plataforma influente, ampla e sustentável, com o envolvimento de: cidadãos, construtores, funcionários, empresários, bem como empresas, instituições e organizações; no intuito de incluir o tema na agenda política ambiental local e buscar funcionalidade e eficácia. A plataforma visa criar uma cidade mais resiliente para lidar com chuvas extremas, sob o lema: “Toda Gota Conta!”⁴⁰ (AMSTERDAM RAINPROOF, 2020).

⁴⁰ Traduzido do holandês: “Elke druppel telt!”.

De acordo com *Amsterdam Rainproof* (2020), o cidadão pode acessar diretamente na plataforma digital as informações sobre os projetos que estão sendo implantados na cidade, além de baixar folhetos e revistas disponíveis na internet, que orientam a implantação de projetos de arquitetura e construção de edificações residenciais ou comerciais em áreas particulares ou coletivas, bem como projetos urbanísticos de ruas, parques, praças, jardins, telhados e coberturas.

O “Amsterdã Sensível à Água” (Figura 64), juntamente com especialistas em *design* urbano e hidrologia, elaborou um mapa da cidade com os locais de acúmulo de água, em caso de chuva intensa (acima de 60 mm/h), e cujo resultado foi uma lista de 97 pontos de risco de inundação na cidade, dos quais 14 precisavam de atenção imediata. Esse levantamento aproximou a população das responsabilidades coletivas e ajudou o poder público a ter informações sobre as demandas da cidade, e contribuiu para o planejamento de obras públicas, desde a manutenção de sistemas de esgoto até a reformulação de espaços públicos (REIMERINK, 2017).

Figura 64 – Folheto instrutivo da Plataforma “Amsterdã Sensível à Água”



Fonte: Adaptado de *Amsterdam Rainproof*, 2020.

Segundo Reimerink (2017), as intervenções planejadas em Amsterdã permitiram a organização de uma rede de interesses comuns: seja do horticultor, que deseja dar melhores conselhos a seus clientes e aumentar as receitas, ou seja do proprietário do hotel, que vê a chance de transformar seu telhado em um agradável terraço para os hóspedes. Estes atores receberam informações sobre as medidas simples para tornarem um jardim à prova de chuva, bem como criar possibilidades de armazenamento de água, a partir do melhoramento da drenagem ou absorção.

4.5.10. Joanesburgo e Durban – África do Sul

Joanesburgo é a capital de Gauteng – a província mais rica da África do Sul – e o principal núcleo urbano, industrial, comercial e cultural do país, com cerca de 4.435.000 de habitantes distribuídos em 1.644,96 km². A cidade encontra-se localizada no nordeste do país e compõe uma região metropolitana de aproximadamente 10 milhões de pessoas, como o maior aglomerado sul-africano, tornando Joanesburgo uma megacidade global e um dos maiores núcleos urbanos da África moderna (JOBURG, 2020).

Joanesburgo está localizada no planalto oriental da África do Sul, conhecido como Highveld, a uma altitude de 1.753 metros, e banhada pelo rio Jukskei (norte) e pelo rio Klip (centro e sul). Com um clima oceânico de altitude, a cidade tem uma precipitação média de 713mm/ano, com a maior parte das chuvas concentradas no verão e alguns eventos no inverno (JOBURG, 2020).

De acordo com Action Aid (2016), a África do Sul é o 30º país mais seco do mundo, com uma precipitação anual de 450 mm, enquanto a média global é de 860mm/ano. O sistema de água potável de Joanesburgo é 25% abastecido pela Barragem de Vaal, que fornece água para cerca de 46% da economia do país, para 33% da população e, ainda, faz parte do Sistema Integrado do Rio Vaal (IVRS)⁴¹, administrado pela *Rand Water*[®] – empresa privada, que também atende as usinas de Eskom e importantes centros econômicos em Mpumalanga, Estado Livre e Cabo Setentrional.

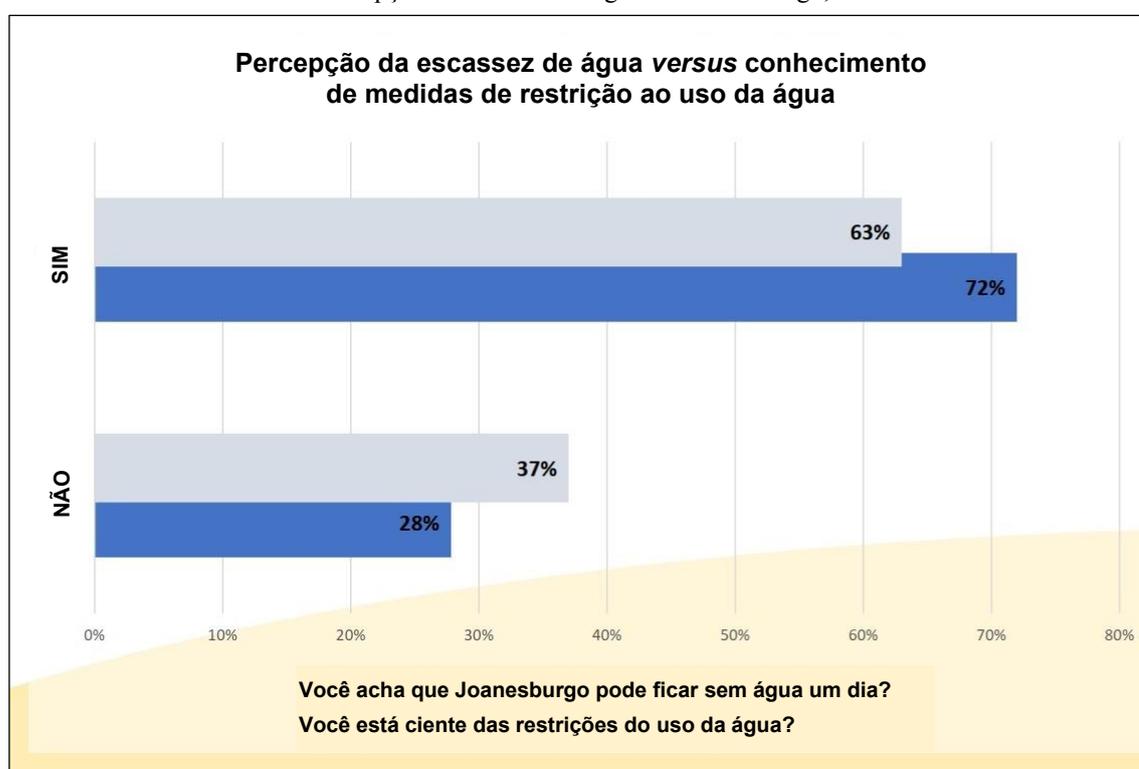
⁴¹ Traduzido do inglês: “*Integrated Vaal River System – IVRS*”.

Conforme estudos do *Water Resource Group*, a África do Sul não terá reservas suficientes para suprir um hiato de 17% entre a oferta e a demanda de água até 2030. Desta forma, o gerenciamento de águas pluviais passou a ser um dos principais componentes da infraestrutura básica no ambiente urbano de Joanesburgo (JOBURG, 2020).

Em dezembro de 2019, o governo de Joanesburgo realizou uma pesquisa de opinião com a população, mapeando a percepção acerca da possível escassez de água na cidade e o conhecimento de medidas de restrição ao uso da água.

O Gráfico 3 mostra que 63% dos entrevistados acham que a cidade poderá ficar sem água no futuro e 72% sabem das restrições de uso da água vigentes. Cerca de 1 em cada 4 pessoas não tem conhecimento destas restrições, ratificando que a agenda política da África do Sul deve manter-se com base na prestação de serviços e na elevação social, com o objetivo principal de promover a equidade econômica e social, em conjunto com a sustentabilidade ambiental, particularmente nas áreas urbanas (JOBURG, 2020).

Gráfico 3 – Percepção da escassez de água em Joanesburgo, África do Sul



Fonte: Adaptado de *City of Johannesburg Opinion Polling*, 2019.

A implantação de um modelo não-convencional de gestão das águas, sob o conceito de WSUD e de SuDS, permitiu o estabelecimento de estratégias amplas e metas ambiciosas para o desenvolvimento de um futuro desejável para a cidade e para a região, por meio da aprovação do Estatuto de Gestão das Águas Pluviais⁴² da cidade de Joanesburgo, cuja implantação prevê o gerenciamento integrado dos recursos hídricos, tornando cidades e vilas sensíveis à água (NYAWO e TANYIMBOH, 2018).

De acordo com Armitage *et al.* (2014), no contexto sul-africano, onde as cidades foram amplamente moldadas pelo legado do *Apartheid*⁴³, a adoção de uma abordagem sob o conceito de WSUD tem o potencial de provocar uma mudança positiva nas áreas urbanas de várias maneiras, como:

- permitir “conectar” as comunidades e os assentamentos divididos espacialmente, vinculando espaços abertos e valorizando a importância da água no convívio social, com o objetivo de mitigar os efeitos negativos da escassez de água;
- incentivar a implantação da “infraestrutura verde-azul” para tornar as cidades sensíveis à água e sustentavelmente “habitáveis”;
- incentivar o uso de tecnologias sustentáveis capazes de ampliar o potencial de comercialização de produtos, melhorando a criação de empregos e contribuindo para a economia verde;
- mitigar as mudanças climáticas, reduzindo as ilhas de calor pela utilização de novos conceitos construtivos;
- promover a conservação dos recursos hídricos potáveis, revertendo a poluição da água e garantindo a disponibilidade para outros usos produtivos, implicando em melhorias socioeconômicas; e
- garantir maior equidade social, por meio da disponibilidade de uma variedade maior de serviços de água.

⁴² Tradução livre de “*Stormwater Management By-Law, 2010*”.

⁴³ *Apartheid* significa “separação” em africâner, idioma falado na República da África do Sul. O *apartheid* foi um sistema de segregação racial implantado em 1950 na África do Sul, pelo então primeiro-ministro e pastor protestante Daniel François Malan, e que vigorou até o início da década de 1990, adotado pelos sucessivos governos do Partido Nacional, no qual os direitos da maioria dos habitantes negros foram cerceados pela minoria branca no poder (BRITANNICA, 2020).

Os estudos realizados nos assentamentos urbanos informais da cidade de Joanesburgo, em especial *Slovo Park* e *Elias Motsoaledi*, evidenciaram os desafios específicos enfrentados pelo gerenciamento de águas pluviais naquelas comunidades. As práticas de gestão associadas às técnicas de drenagem de águas pluviais adotadas pelos moradores e o potencial das iniciativas lideradas pela comunidade, e apoiadas por ONGs, permitiram confirmar os benefícios da implantação do modelo não-convencional de gestão de águas pluviais em assentamentos informais, sustentando a capacidade de resiliência em relação aos impactos do escoamento superficial e a necessidade de transição política para sistemas de drenagem sustentáveis (ADEGUN, 2013).

Desde o final do *Apartheid*, o governo democrático sul-africano considerou o fornecimento de água potável como parte integrante de sua estratégia de desenvolvimento. Em 2001, deu-se o início a Política de Água Básica Livre da África do Sul⁴⁴, que consiste no fornecimento de uma quantidade básica de água gratuitamente a todos os cidadãos, e cuja experiência serviu para demonstrar que abordar as dimensões sociais e ambientais, juntamente com as dimensões econômicas, podem levar a uma política mais eficaz e sustentável (SZABO, 2013).

De acordo com Szabo (2013), a política de fornecimento de água básica consiste no subsídio sobre a tarifa de água potável distribuída, e na gratuidade para o mínimo de 6 kL de água por mês, ou 40 L per capita por dia para uma família de cinco pessoas, ou 25 L per capita por dia para uma família de oito pessoas, conforme recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Durban foi a primeira cidade da África do Sul a implantar esta política de fornecimento de água, o que ajudou não apenas a alcançar a equidade social, mas também no apoio dos objetivos mais amplos de conservação e sustentabilidade ambiental. A legitimidade política conferida por esta abordagem permitiu a recuperação financeira das empresas de abastecimento de água, garantiu o objetivo econômico de sustentabilidade financeira, bem como reduziu o número de famílias abaixo do nível de consumo recomendado pela OMS (SIWI, 2014).

⁴⁴ Traduzido do inglês: “*South Africa’s Free Basic Water Policy*”.

Conseqüentemente, em maio 2014, o Departamento de Água e Saneamento de Durban ganhou o Prêmio Estocolmo da Indústria da Água⁴⁵ “por sua abordagem transformadora e inclusiva”, sendo considerado como “um dos serviços utilitários mais progressistas do mundo”. Entre 2001 e 2014, cerca de 1,3 milhão de pessoas tiveram acesso à rede de abastecimento de água potável e mais de 700.000 pessoas tiveram banheiros instalados em suas residências. Durban foi o primeiro município da África do Sul a disponibilizar água básica gratuita para a população socialmente desfavorecida, bem como a implantar a captação das águas pluviais (SIWI, 2014).

4.5.11. Marselha-Provença – França

A cidade de Marselha é a mais antiga cidade da França e a segunda cidade mais populosa do país. Capital da região de Provença, Alpes e Côte d’Azur (PACA), a cidade conta aproximadamente com 1.045.000 habitantes distribuídos em 240,62 km² de território, e cuja região metropolitana, conhecida como *Aix-Marseille-Provence*, possui aproximadamente 1.800.000 habitantes e uma área urbana de 2.830,2 km², sendo a terceira região metropolitana mais populosa da França, após Paris e Lyon (AMP, 2016).

A gestão da cidade de Marselha e da sua região metropolitana é coordenada por uma instância de governança local chamada *Métropole Aix-Marseille-Provence* (AMP), criada em janeiro de 2014 pela lei MAPTAM⁴⁶, resultado da fusão de seis autoridades intermunicipais administrativas de território (AMP, 2016).

A AMP é um estabelecimento público de cooperação intermunicipal, com tributação própria, administrado por um conselho metropolitano formado por 240 membros delegados pelos municípios que o compõem, com atribuições próprias nas áreas de: desenvolvimento

⁴⁵ Tradução livre de “*The Stockholm Industry Water Award* (SIWA)”. Prêmio concedido pelo (*Stockholm International Water Institute* (SIWI)).

⁴⁶ MAPTAM (ou MAPAM) – sigla de “*Modernisation de l’Action Publique Territoriale et d’Affirmation des Métropoles*” – é uma lei de 27 de janeiro de 2014 para a modernização da ação pública territorial e a afirmação de áreas metropolitanas, que visa esclarecer as competências das autoridades locais por meio da criação de Conferências Territoriais de Ação Pública (CTAP), regulamentando o regime jurídico das regiões metropolitanas.

econômico, planejamento regional e gerenciamento de serviços públicos, em especial a gestão das águas pluviais (Figura 65).

Figura 65 – Região administrativa de Aix-Marselha-Provença, França.



Fonte: Adaptado de *Métropole Aix-Marseille-Provence*, 2017.

Fortemente urbanizada, Marselha é atravessada por três rios: Huveaune, Jarret e Aygalades, além de 53km de córregos secundários, que representam um risco natural de inundações. Em média, Marselha possui 65 dias chuvosos, com eventos de tempestades mediterrânicas, frequentemente muito violentas, que alteram a vazão dos rios rapidamente e causam inundações, e cujos impactos são potencializados pelo comprometimento do escoamento superficial devido à urbanização e ao aumento da impermeabilização do solo. Além disso, as chuvas “lavam” a cidade, carregando poluentes de todos os tipos, que degradam a costa da cidade (SEM, 2008).

A gestão das águas pluviais de Marselha é realizada pelo Serviço de Saneamento da Metrópole de Marselha (SERAMM)⁴⁷ sob o conceito participativo, cujo processo decisório se dá por meio da sensibilização da comunidade, que passou a participar da gestão, a partir da representatividade junto às esferas decisórias, e da incorporação dos conceitos de preservação pela abordagem cultural e pela prática diária (SERAMM, 2020).

A SERAMM pratica a gestão dinâmica das águas pluviais, por meio da quantificação da intensidade das chuvas e sua duração e da observação dos cenários de episódios chuvosos e suas consequências, e da criação de modelos de gestão das águas capazes de propiciar uma tomada de decisão mais rápida e eficiente.

As equipes de gestão monitoram a rede de saneamento, a vazão dos rios, a qualidade das águas e as condições meteorológicas 24 horas por dia, 7 dias por semana, antecipando ações de prevenção, e disponibilizando um serviço de supervisão inteligente intitulado: *Le Ph@re* – centro de supervisão integrado inteligente, que garante o gerenciamento dinâmico da rede de saneamento com o objetivo de proteger o recurso hídrico e garantir a qualidade das águas costeiras (SERAMM, 2020).

Aberto à comunidade, *Le Ph@re* disponibiliza uma ferramenta de acesso aos usuários e garante uma gestão compartilhada, onde os cidadãos são atores importantes na otimização do funcionamento da infraestrutura em tempo chuvoso e seco, atuando como “sentinelas digitais”, fiscalizando os serviços e fornecendo dados para o observatório, que poderá tomar as decisões necessárias para limitar os impactos nos ecossistemas (SERAMM, 2020).

O cidadão está envolvido na gestão do saneamento por meio dos aplicativos disponibilizados nos *smartphones* e *tablets*, que permitem a troca de informações instantâneas capazes de tornar as ações de prevenção mais rápidas e eficazes, como por exemplo: enviando SMS alertando sobre o risco em caso de fortes chuvas, realizando intervenções de campo para facilitar fluxos, marcar áreas perigosas, informar e tranquilizar os residentes, entre outras ações que contribuem para uma melhor qualidade de vida diária dos cidadãos.

⁴⁷ SERAMM – sigla de “*Service d’Assainissement Marseille Métropole*” – é uma empresa que detém a concessão de prestação de serviço à AMP até 2028, gerenciando a infraestrutura de tratamento de águas residuais e pluviais dos municípios de Allauch, Carnoux-en-Provence, Le Rove, Marselha, Septèmes-les-vallons e ZI de Gémenos, com o objetivo de proteger a saúde pública e a preservar o meio ambiente.

O *HydroMER* é outro aplicativo disponibilizado para o cidadão que permite, em tempo real, saber dados hidrológicos, marítimos e meteorológicos da zona costeira de Marselha, promovendo uma interatividade entre o sistema de saneamento e os ambientes aquáticos. Os dados são analisados pelo serviço de saúde pública da cidade, que define as condições de uso das praias, providenciando o seu fechamento preventivo em caso de provável poluição, e informando a população (SERAMM, 2020).

Le Ph@re também disponibiliza o aplicativo *Marseille Infos Odeurs*, mostrado na Figura 66, que permite aos usuários alertar sobre um odor incomum e perturbador, assim que detectá-lo no território coberto pelo SERAMM. O cidadão pode informar o ocorrido diretamente pela tela do celular, e dependendo da localização do odor, da descrição do tipo de cheiro, de sua duração e intensidade, os agentes decidirão sobre as ações para tratamento, mapeamento e identificação das possíveis fontes de poluição (SERAMM, 2020).

Figura 66 – Tela do aplicativo *Marseille Infos Odeurs* sobre informações de odores



Fonte: Adaptado de SERAMM, 2020.

Em Marselha, existe um sistema de monitoramento em tempo real da qualidade dos ambientes aquáticos chamado *SIRÈNE Data*[®], mantido por energia solar, que é composto por três estações-laboratório instaladas nos principais cursos d'água da cidade e por outras três instaladas na baía (Porto Velho e Calanque de Cortiou) e no mar, e que atende aos objetivos:

- conhecimento e monitoramento da qualidade físico-química do ambiente natural;
- avaliação do impacto das atividades antrópicas;
- medição da melhoria da qualidade gerada por ações na bacia hidrográfica; e
- antecipação de potencial deterioração na qualidade da água.

Segundo AMP (2016), que a cidade de Marselha, em conjunto com outros 18 municípios que compõem a PACA, iniciou a execução do Plano Diretor de Água da Chuva em 2016, compatível com os objetivos e parâmetros de descargas e qualidade das águas pluviais definidos pela Diretiva-Quadro Europeia sobre Água e Diretiva-Quadro Estratégia Marinha, a fim de:

- obter um conhecimento de referência homogêneo em todos os municípios;
- identificar em todo o território as questões relacionadas à gestão dos fenômenos de chuva;
- dispor de ferramentas de gestão da água da chuva em todos os municípios ao longo de 15 anos;
- alcançar o zoneamento regulamentar das chuvas: impondo restrições técnicas aos peticionários; e
- promover a gestão de águas pluviais de forma participativa e integrada.

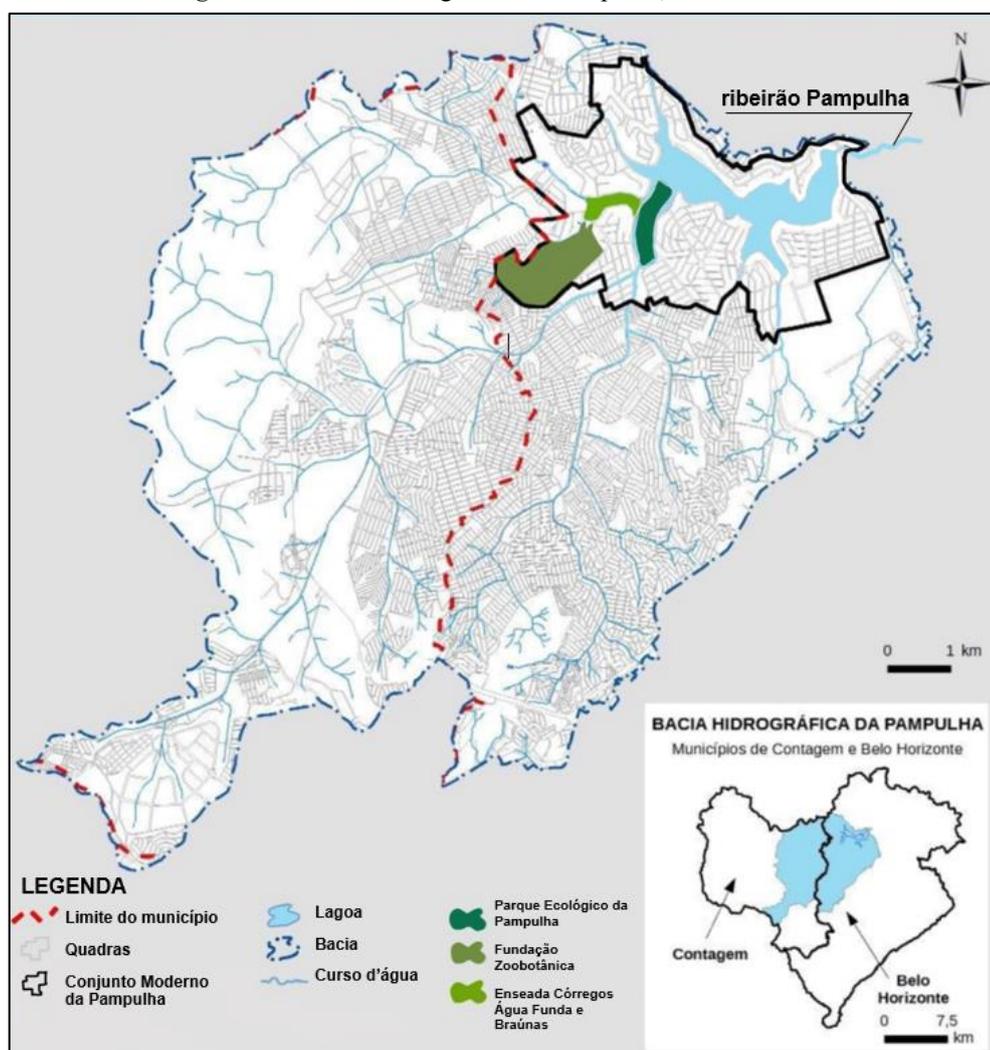
4.5.12. Belo Horizonte – Brasil

Belo Horizonte é a capital do estado de Minas Gerais, um município com uma população estimada em 2.522.000 habitantes distribuídos em uma área aproximada de 331 km², sendo o sexto município mais populoso do país e o terceiro mais populoso da região sudeste do Brasil. A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) é composta por 34 municípios e o Colar Metropolitano de Belo Horizonte (CMBH) por 16 municípios, que perfazem uma população aproximada de mais de 6.000.000 de habitantes (IBGE, 2019).

A cidade de Belo Horizonte possui uma geografia diversificada de morros e baixadas, com clima classificado como tropical de estação seca, com temperaturas médias variando entre 19°C a 24°C; e índice pluviométrico em torno de 1.600 mm/ano, com maior frequência de chuvas entre os meses de outubro a março (INMET, 2018).

Belo Horizonte está localizada na Bacia do São Francisco, com uma hidrografia composta por ribeirões e córregos, em sua maioria canalizados, que formam as sub-bacias do ribeirão Arrudas, do ribeirão da Onça, do ribeirão do Isidoro e do ribeirão Pampulha. O Conjunto Moderno da Pampulha é uma região de turismo e lazer da cidade, em torno da Lagoa da Pampulha, formada pelo represamento do ribeirão Pampulha, conforme mostrado na Figura 67 (RMBH, 2010).

Figura 67 – Bacia Hidrográfica da Pampulha, Belo Horizonte



Fonte: Araújo *et al.* (2016).

Na década de 1970, Belo Horizonte sofreu uma modificação urbanística em relação à drenagem urbana, com a elaboração e implantação do Plano Metropolitano de Águas Pluviais e Proteção Contra Cheias em 1975. Este plano abrangeu um extenso mapeamento hidrográfico da RMBH, e propôs um pré-dimensionamento dos canais inseridos em áreas urbanizadas ou previstas para ocupação, o que resultou em diversos problemas no sistema de drenagem urbana causados pela ausência de dados fluviométricos regionais e inexistência de cadastro da rede instalada de drenagem pluvial (RAMOS, 1998).

De acordo com Pinheiro (2019), o Plano Municipal de Saneamento de 2016 identificou um total de 208 km de cursos d'água canalizados na cidade de Belo Horizonte, em torno de 30,90% da rede hidrográfica total, e coincidiu com o surto de desenvolvimentismo nacional promovido por iniciativas do governo federal, que inclui as obras do Programa de Aceleração de Crescimento (PAC) de 2008 a 2016, o que consolidou uma política de drenagem urbana ainda essencialmente inserida no paradigma tradicional de canalizações, preconizado pelos modelos higienista e racionalista (BELO HORIZONTE, 2016).

Com a ascensão de novos modelos de gestão de águas pluviais no mundo, sob o conceito de desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto, a cidade passa a inserir em sua agenda política de gestão das águas pluviais: ações, programas e projetos de valorização do território e do ambiente por meio do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Belo Horizonte (PDDU).

O processo participativo de elaboração do Programa de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI-RMBH) desenvolvido entre os anos de 2009 e 2011 resultou na elaboração de 28 Políticas Metropolitanas Integradas e respectivos Programas e Projetos Prioritários, definidos a partir das Funções Públicas de Interesse Comum (FPIC) e do debate promovido com a sociedade metropolitana durante a construção do plano e que se replica no processo de gestão em curso (RMBH, 2020).

Na prática, pode-se citar que, nas últimas décadas, os conteúdos concretos das decisões políticas em Belo Horizonte foram expressos em planos, programas, projetos e obras, em especial: o Programa de Recuperação Ambiental de Belo Horizonte (DRENURBS); o Projeto

SWITCH⁴⁸; e a Trama Verde e Azul (TVA) no Macrozoneamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Segundo Soluções Para Cidades (2020b), o Programa DRENURBS foi o primeiro programa resultante do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Belo Horizonte, e teve como premissa o tratamento integrado dos problemas sanitários e ambientais no nível da bacia hidrográfica urbana, com a implementação de ações ao longo de duas décadas, que modificaram o ambiente urbano, por meio dos princípios:

- tratamento integrado dos corpos d'água como elementos da paisagem urbana;
- implantação de parques lineares e de áreas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água;
- implantação de bacias de retenção (diminuição dos riscos de inundações);
- adoção de calhas vegetadas (aumento da permeabilidade do solo); e
- controle social dos processos decisórios relativos à recuperação e à conservação dos espaços urbanos recuperados, promoção de ações voltadas à conscientização e ao estímulo das atitudes de valorização dos recursos hídricos.

A Prefeitura de Belo Horizonte, em conjunto com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), integra um projeto internacional formado por uma rede de 35 instituições de 15 países e liderado pela UNESCO, intitulado Projeto SWITCH, cujo objetivo é provocar uma mudança de atitude na gestão e gerenciamento das águas pluviais urbanas por meio da proposição de soluções mais coerentes e integradas (MACEDO, 2009).

De acordo com a *Europe Union*, o Projeto SWITCH é composto por acadêmicos, planejadores urbanos, companhias de abastecimento de água e consultores, envolvidos diretamente com a sociedade civil e seus governos pela adoção de soluções mais sustentáveis para as águas urbanas (EU, 2006).

Segundo Pinheiro (2019), o Programa DRENURBS se insere no SWITCH como uma plataforma de aprendizagem para os países da América Latina, já que propõe um novo modelo de gestão das águas superficiais, baseado nas ações e projetos de drenagem urbana sustentável,

⁴⁸ SWITCH é a abreviatura de “*Sustainable Water Management Improves Tomorrow's Cities' Health*”, podendo ser traduzido em português para “Gestão Sustentável das Águas para o Aprimoramento da Qualidade de Vida nas Cidades do Futuro” (MACEDO, 2009).

que valorizam os cursos d'água nas cidades, conforme o exemplo do Parque Linear Nossa Senhora da Piedade (Figura 68 e Figura 69) (PINHEIRO, 2019).

Figura 68 – Masterplan do Parque Linear Nossa Senhora da Piedade, Belo Horizonte



Fonte: Camacho (2016)

Figura 69 – Vistas da Calha vegetada e do espaço de lazer do Parque Linear Nossa Senhora da Piedade



Fonte: Soluções Para Cidades, 2010.

Entre dezembro de 2013 e julho de 2015, o projeto de macrozoneamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte foi desenvolvido como desdobramento do processo de elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI). Diante do contexto de recuperação do planejamento da RMBH, surgiu uma proposta de incorporação do conceito de “trama verde e azul metropolitana”, inspirada por uma proposta francesa de planejamento territorial da antiga região minerária de *Nord-Pas-de-Calais*, no norte da França (OLIVEIRA e COSTA, 2018).

Apesar da diferença entre o modelo francês e o modelo mineiro, pode-se tratar como objetivo comum da Trama Verde Azul (TVA), a gestão sustentável por meio da proteção da natureza e dos espaços (reconquista das paisagens), o desenvolvimento de lazeres e esportes de natureza (valorização e reapropriação pelos habitantes), e a ordenação do território.

De acordo com Silveira (2018), o conceito de Trama Verde Azul reúne abordagens integradas mais naturais para solução de problemas urbanos e climáticos, como: manejo pluvial (drenagem urbana), adaptação climática, diminuição do estresse térmico, manutenção da biodiversidade, segurança alimentar, melhor qualidade do ar, produção energética sustentável, água e solos despoluídos, qualidade de vida, mobilidade, recreação, sombra e abrigo/habitação nas cidades e arredores.

O Plano de Macrozoneamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (MZ-RMBH) foi o primeiro resultado concreto da aplicação do conceito da Trama Verde Azul, de forma clara e institucionalizada, baseado em quatro dimensões potenciais: físico-ambiental, sociocultural, seguridade socioambiental e mobilidade.

Segundo Oliveira e Costa (2018), estas dimensões representam o potencial da Trama Verde Azul em elaborar diretrizes a serem aplicadas na RMBH, para o uso múltiplo do território por meio da integração entre o cotidiano da população, o patrimônio cultural e a preservação do meio ambiente físico, enfim, metas amplas e multidisciplinares para os arranjos socioeconômicos e ambientais, conforme Quadro 13.

Quadro 13 – Diretrizes Potenciais da Trama Verde Azul (TVA) na RMBH

Diretrizes da TVA-RMBH	
Recuperação de áreas de proteção	Recuperação e fiscalização efetiva de APAs, APPs e outras áreas de proteção estabelecidas pelo Código Florestal, bem como criação de novas áreas de proteção e sua integração às atividades da população.
Aumento das áreas verdes urbanas	Arborização de vias públicas, criação e preservação de novos parques, parques lineares e bosques urbanos.
Redução dos riscos e impactos provenientes da ação antrópica	Controle dos impactos causados pela urbanização, bem como por atividades agrícolas e industriais. Neste contexto deve-se levar em conta a ocupação de áreas de risco e de proteção em especial, mas não somente, por populações de baixa renda. Estas podem ser, ou tornarem-se, áreas sujeitas a inundações e deslizamentos, aumentando os riscos de perdas humanas.
Incentivo às atividades alternativas	Promoção de atividades menos impactantes, como agricultura urbana, agroecologia, ecoturismo, turismo rural e turismo de aventura.
Multimodalidade de transportes	Implantação de uma rede diversificada de modais de transporte e integrada, dentro de suas limitações, à Trama Verde Azul, de modo a incentivar a locomoção por diferentes meios adequados às distâncias e outras condições físicas ou especiais.
Proteção do patrimônio ambiental, cultural e histórico	Conservação do patrimônio em todas suas vertentes por meio do incentivo ao contato entre este e a população, de modo a oferecer uma gama de alternativas de lazer e promovendo o turismo e a convivência social.

Fonte: Martins *et. al.*, 2015.

A consolidação do Programa DRENURBS, a inserção do Projeto SWITCH e a adoção do conceito da Trama Verde Azul no planejamento urbano de Belo Horizonte e da sua região metropolitana permitiram uma nova visão da governança local por meio da construção de uma relação virtuosa entre o espaço antrópico e o espaço natural, estimulando a população a preservar o meio ambiente através do contato e da não-segregação.

Além disso, estes instrumentos proporcionaram a elaboração da Carta de Inundações de Belo Horizonte, a implantação do Sistema de Monitoramento Hidrológico e da inauguração de Núcleos de Alerta de Chuvas (NACs), formando uma rede de gestão integrada das águas pluviais.

4.5.13. Curitiba – Brasil

A cidade de Curitiba é a capital do estado do Paraná, um município com uma população estimada em 1.933.105 habitantes distribuídos em uma área aproximada de 434,89 km², sendo o oitavo município mais populoso do país e o mais populoso da região sul do Brasil. A Região Metropolitana de Curitiba, também conhecida como Grande Curitiba, é composta por 29 municípios, que perfazem uma população aproximada de mais de 3.615.000 de habitantes (IBGE, 2019).

Curitiba possui uma altitude média de 945m acima do nível do mar, cuja topografia é composta de declividades mais acentuadas, por estarem próximas à Serra de Açungui, além de terrenos em forma de escada, que se alternam entre altas e baixas altitudes, definido como característica geral uma topografia ondulada de morros levemente redondos (CURITIBA, 2020).

A cidade possui um clima temperado oceânico com temperaturas médias máximas em torno de 21°C e mínimas abaixo de 13°C nos meses de inverno, podendo chegar perto de 0 °C em dias mais frios. O clima local é influenciado pelas massas de ar seco que dominam o centro-sul do Brasil, trazendo tempo frio e sem chuva no inverno, com possibilidades de geadas; e com índice pluviométrico em torno de 1500 mm/ano (INMET, 2018).

Curitiba está localizada à margem direita e a leste da maior sub-bacia do rio Paraná: a bacia hidrográfica do rio Iguaçu; e devido ao relevo predominantemente mais alto ao norte, as águas da municipalidade escoam em sua totalidade em direção ao sul até desaguardarem no rio Iguaçu, afluente do rio Paraná, no extremo oeste do estado (IPPUC, 2020).

Além de parte da bacia do rio Iguaçu, outras cinco bacias compõem o território municipal: as bacias dos rios Atuba-Bacacheri, Belém, Barigui, Passaúna e a bacia do ribeirão dos Padilhas, todas com aspectos similares de drenagem dendrítica, formadas por 140 sub-bacias e por mais de 30 lagos espalhados pelos parques da cidade, cujas águas tem sido monitorada pelo Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, órgão ligado à Secretaria Municipal de Meio Ambiente (Figura 70) (CURITIBA, 2021).

Figura 70 – Bacias hidrográficas no município de Curitiba



Fonte: IPPUC, 2021.

O Quadro 14 mostra as ações estratégicas de recuperação da qualidade das águas dos rios de Curitiba a partir da análise do Índice de Qualidade das Águas (IQA)⁴⁹, de bioindicadores e das ações de educação ambiental, com o objetivo de integrar os aspectos: (a) ecológicos, por meio da manutenção da biodiversidade pela formação de corredores ecológicos; (b) e sociais, pela quebra de artificialidade e uma paisagem peculiar, essencial para a formação da identidade da cidade (CURITIBA, 2021).

⁴⁹ Criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*, e amplamente utilizado no Brasil.

Quadro 14 – Ações estratégicas de recuperação dos rios urbanos de Curitiba

Qualidade das Águas			
Objetivo	Ação / Programa	Indicador(es)	Meta 2031
Sensibilização da população sobre a importância da água, dos corpos hídricos na preservação da biodiversidade	Programa Amigo dos Rios: Visa a proteção e recuperação dos rios, bem como o reconhecimento dos rios como patrimônio natural da cidade	Habitantes envolvidos	1.000.000 de habitantes envolvidos
Redução da poluição por esgoto sanitários, de forma a estar em níveis não prejudiciais à biodiversidade e à função dos ecossistemas	Ampliação do sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário no município	Corpos hídricos monitorados com IQA > 50	25% dos pontos monitorados com IQA > 50
	Identificação, cadastro e redução dos lançamentos de esgoto rios e no sistema de drenagem e de coleta de águas pluviais	Corpos hídricos monitorados com IQA > 50	25% dos pontos monitorados com IQA > 50
	Avaliação da retirada de ocupações irregulares, instaladas em áreas de risco à biodiversidade, e ampliação dos programas de habitações de interesse social	Corpos hídricos monitorados com IQA > 50	25% dos pontos monitorados com IQA > 50
	Avaliação e implantação de medidas que minimizem a poluição difusa transportada aos corpos hídricos	Corpos hídricos monitorados com IQA > 50	25% dos pontos monitorados com IQA > 50
Reduzir a poluição por lançamento de resíduos ou rejeitos sólidos de qualquer natureza	Intensificação das ações e medidas de combate à poluição dos corpos hídricos pelo lançamento de resíduos/rejeitos sólidos de qualquer natureza;	Quantidade de resíduos sólidos removidos dos corpos hídricos	Redução na quantidade de resíduos
Bioindicadores			
Objetivo	Ação / Programa	Indicador(es)	Meta 2031
Promoção da melhoria da qualidade da água de todas as bacias hidrográficas do município por meio de ações preventivas (licenciamento) e ações corretivas (fiscalização)	Aplicação dos índices de qualidade ambiental baseados nos invertebrados bentônicos para o monitoramento da qualidade dos rios urbanos de Curitiba	Corpos hídricos superficiais com monitoramento de bioindicadores (rede municipal de monitoramento)	Estabelecer rede de monitoramento de bioindicadores da qualidade ambiental de rios urbanos de Curitiba
	Monitoramento da qualidade de ambientes aquáticos (rios urbanos) de Curitiba utilizando índices ecológicos baseados nos invertebrados bentônicos	Número de Corpos hídricos que apresentam bioindicadores referentes à boa qualidade da água	Implantar um sistema multimétrico, integrado e contínuo de monitoramento da qualidade da água
Educação Ambiental			
Objetivo	Ação / Programa	Indicador(es)	Meta 2031
Fortalecimento dos Grupos de Apoio Local (GAL) existentes e a serem implantados por sub-bacia hidrográfica, de modo a estruturá-los e formalizá-los como Comitês de Sub-bacias	Realização de palestras de sensibilização ambiental da importância da conservação dos rios e da correta ligação do esgoto. Promoção e organização de reuniões de integração com a esfera municipal e estadual, bem como, com participantes da sociedade civil, buscando elaborar e cumprir um plano de trabalho em cada GAL. Realização de evento de lançamento do GAL em cada bacia hidrográfica a ser trabalhada.	Número de participantes. Quantidade de resíduos retirado dos rios. Número de mudas de árvores nativas e de flores plantadas.	Envolvimento de no mínimo 500 participantes por ano. Plantio de no mínimo 2.000 mudas de árvores nativas por ano.

Fonte: Curitiba, 2021.

Devido as peculiaridades de relevo, clima e hidrografia de Curitiba, as chuvas habitualmente causam enchentes significativas nos rios da cidade, o que obriga a implantação de uma gestão das águas pluviais voltada para: o controle do uso e ocupação do solo, a regularização das cheias, o combate às inundações e a implementação de práticas de drenagem

urbana sustentável, bem como o constante envolvimento da população, conforme mostra a síntese jurídica no Quadro 15.

Quadro 15 – Síntese jurídica de medidas de controle ambiental não estruturais de Curitiba

Instrumento Legal	Tema	Envolvimento da População	Impacto
Lei Municipal n.º 7.833/1991	Dispõe sobre a política de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente	Baixo	Preservação e proteção do meio ambiente
Lei Municipal n.º 9.800/2000	Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no Município de Curitiba	Baixo	Ordenamento do uso e da ocupação do solo
Lei Municipal n.º 9.805/2000	Cria o setor especial do anel de conservação sanitário ambiental	Baixo	Preservação das faixas de drenagem e APP
Plano Diretor de Drenagem RMC 2002	Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba (RMC)	Baixo	Suporte na drenagem urbana para a Prefeitura Municipal de Curitiba
Lei Municipal n.º 10.785/2003	Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURA E)	Alto	Preservação dos recursos hídricos, conscientização da população sobre o uso da água
Decreto Municipal n.º 176/2007	Dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias	Alto	Redução do volume das águas pluviais
Plano Diretor de Drenagem de Curitiba 2012	Plano Diretor de Drenagem do Município de Curitiba	Alto	Suporte na drenagem urbana para a Prefeitura Municipal de Curitiba
Plano Municipal Participativo de Saneamento Básico de Curitiba 2013	Plano Municipal Participativo de Saneamento Básico do Município de Curitiba	Alto	Ordenamento da macro e da microdrenagem urbana da cidade
Lei Municipal n.º 15.511/2019	Dispõe sobre o novo zoneamento, uso e ocupação do solo no Município de Curitiba	Alto	Ordenamento do uso e da ocupação do solo
Decreto Municipal n.º 1.007/2020	Regulamenta a Lei Municipal n.º 10.785/2003	Alto	Preservação dos recursos hídricos e redução do volume das águas pluviais

Fonte: Curitiba, 2020.

Em 1991, por meio da promulgação da Lei Municipal n.º 7.833/1991, Curitiba iniciou a implantação da Política de Proteção, Conservação e Recuperação do Meio Ambiente, e a valorização de medidas não estruturais de controle ambiental, o que culminou na elaboração do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba em 2002, que serviu de suporte para a preparação do Plano Municipal Participativo de Saneamento Básico (PMPSB) de Curitiba em 2013 (CURITIBA, 2017a).

O PMPSB de Curitiba possui um volume específico, que trata dos rios, da drenagem urbana e do manejo das águas pluviais, visando estabelecer um planejamento das intervenções

necessárias ao ordenamento da macro e microdrenagem urbana da cidade; bem como garantir maior segurança aos moradores, ao patrimônio público e privado, quando em precipitações intensas e/ou prolongadas.

O planejamento, a modelagem e a gestão das águas da cidade de Curitiba contidas no PMPSB têm como premissas básicas a adoção do conceito de desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto, que permitam:

- aumentar as condições favoráveis à infiltração e o tempo de percurso do escoamento;
- buscar a preservação das condições naturais do sistema de macro e microdrenagem e a renaturalização dos cursos d'água;
- adotar como soluções as intervenções multifuncionais, através de sistemas de drenagem conjugados a áreas verdes, áreas destinadas à prática esportiva, parques lineares e outras destinações; e
- conceber e planejar as intervenções segundo diferentes níveis de risco de inundação de modo a estabelecer prioridades compatíveis com as características das diferentes bacias e com níveis de vulnerabilidades distintos (CURITIBA, 2017a).

O Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba de 2012 dá continuidade às ações de implantação de medidas de controle ambiental não-estruturais propostas pelo Plano Estadual de Drenagem de 2002, tendo como base o Manual de Drenagem, com a indicação de Medidas de Controle na Fonte (MCs)⁵⁰, listadas no Quadro 16, e que têm um objetivo mais amplo do que o controle quantitativo do escoamento pluvial, já que incorpora, também, o controle da poluição, dos sedimentos e dos resíduos; bem como recomendações quanto às intervenções para retenção e infiltração da água excedente de chuva (CURITIBA, 2017b).

⁵⁰ “Medidas de Controle na Fonte (MCs)” é a tradução em português do conceito de “*Best Management Procedures (BMPs)*”, em inglês (CURITIBA, 2002).

Quadro 16 – Lista de Medidas de Controle na Fonte (MCs) do Plano Estadual de Drenagem

Obra	Característica Principal	Variantes	Função	Efeito
Pavimento Poroso	Pavimento com camada de base porosa como reservatório	Revestimento superficial pode ser permeável ou impermeável, com injeção pontual na camada de base porosa. Esgotamento por infiltração no solo ou para um exutório	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	Trincheira de infiltração no solo ou de retenção, com esgotamento por um exutório	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	Vala de infiltração efetiva no solo ou vala de retenção sobre solo pouco 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	Poço preenchido com material poroso ou sem preenchimento, revestido. Poço efetivamente de infiltração ou de injeção direta no freático	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	Vazio ou preenchido com material poroso. Com fundo em solo ou vedado, tipo cisterna	Armazenamento temporário do escoamento pluvial de áreas impermeabilizadas próximas	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial de áreas impermeabilizadas
Telhado Reservatório	Telhado com função reservatório	Vazio ou preenchido com material poroso	Armazenamento temporário da chuva no telhado da edificação	Retardo do escoamento pluvial da própria edificação
Bacia de Detenção	Reservatório vazio (seco)	Reservatório sobre leito natural ou escavado. Com leito em solo permeável ou impermeável, ou com leito revestido	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	Reservatório com leito permeável (freático aflorante) ou com leito impermeável	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	Reservatório vazio, tampado e estanque. Reservatório preenchido com material poroso	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	Condutos e reservatórios alargados. Condutos e reservatórios adicionais em paralelo	Armazenamento temporário do escoamento no próprio sistema pluvial	Amortecimento do escoamento afluente à macrodrenagem
Faixas Gramadas	Faixas de terreno marginais a corpos d'água	Faixas gramadas ou arborizadas	Áreas de escape para enchentes	Amortecimento de cheias e infiltração de contribuições laterais

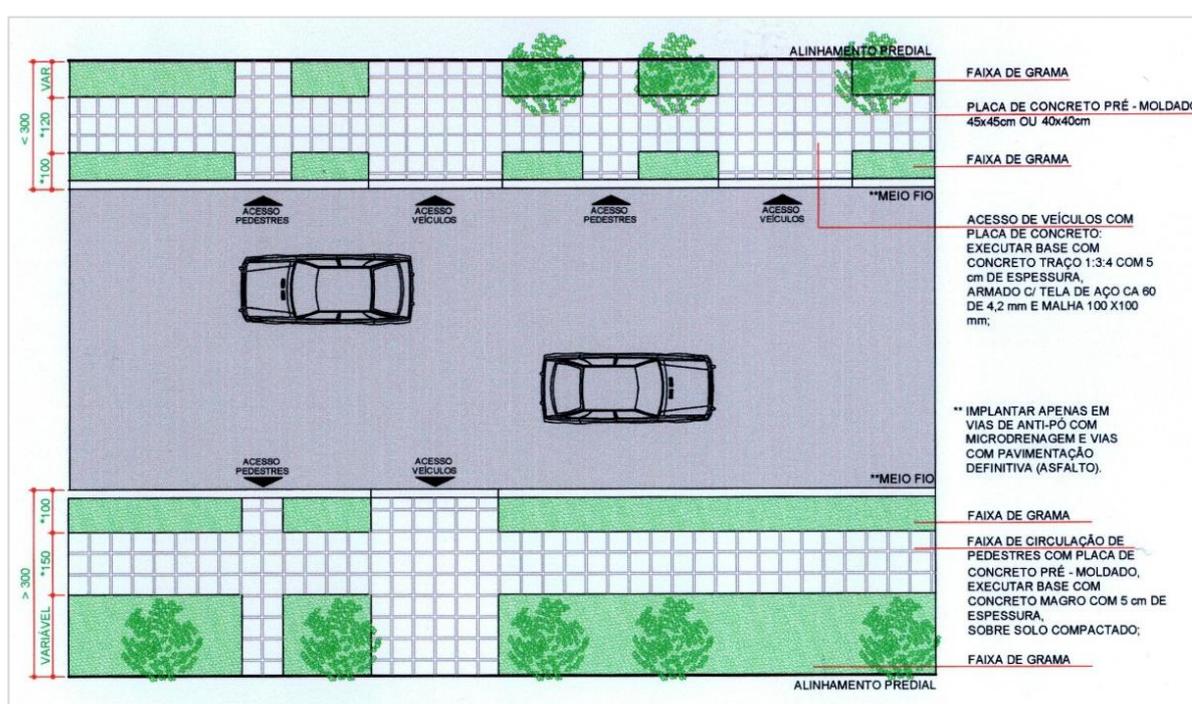
Fonte: Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba, 2002.

Diante da possibilidade de implantação de medidas de controle não estruturais com respaldo legal, a Prefeitura Municipal de Curitiba passou a valorizar a interface entre os planos de drenagem vigentes a as propostas dos planos de ordenamento urbano, como: uso e ocupação

do solo, zoneamento, aprovação de projetos urbanísticos, implantação de áreas verdes e parques lineares, sistemas de esgotamento sanitário, de abastecimento de água e de coleta de lixo.

A cidade tem um histórico de capital ecológica e iniciou a sua arborização no século XIX com o plantio das primeiras árvores em ruas e praças. O Plano Diretor de Curitiba em 1966 conduziu o crescimento da cidade associado à preservação das Áreas Verdes (AVs), possibilitando uma legislação de zoneamento, uso e ocupação do solo em 1975, revisada em 2000 e 2019, pautada na conservação das áreas naturais como prioridade para o crescimento da cidade e para a manutenção da qualidade de vida dos cidadãos, conforme proposta⁵¹ observada na (Figura 71) (CURITIBA, 2008).

Figura 71 – Proposta de implantação de passeio público permeável



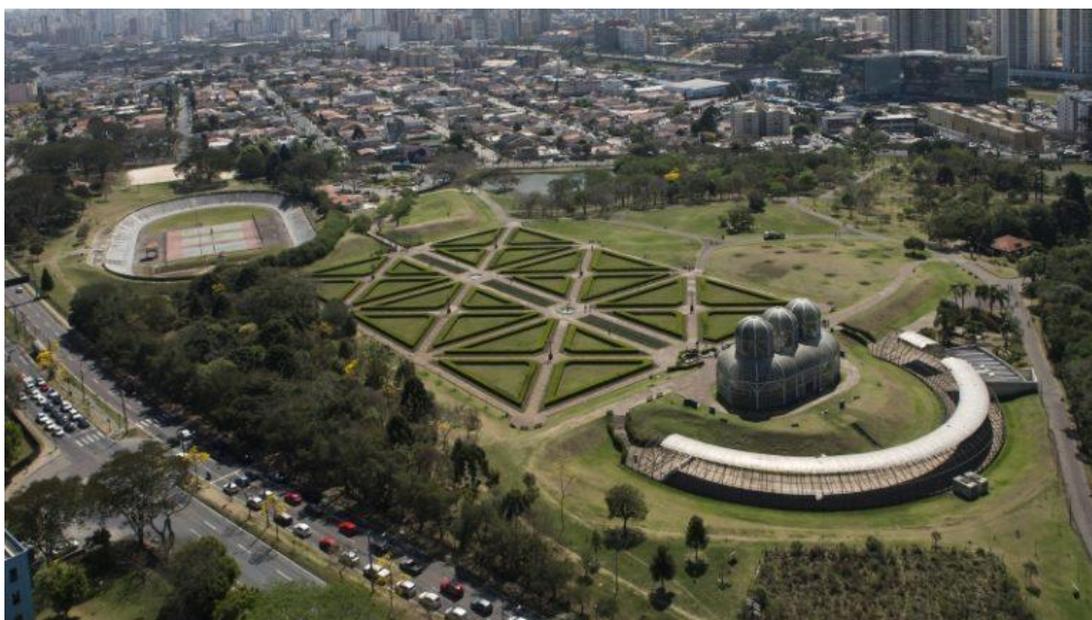
Fonte: Decreto Municipal n.º 1.066/2006 (CURITIBA, 2006).

Segundo o IBGE (2019), como resultado da implementação de um modelo de gestão de águas pluviais inovador, Curitiba apresenta uma estatística de 96,3% de domicílios com

⁵¹ Anexo IV da Lei Municipal n.º 1.066, de 25 de setembro de 2006, que estabelece critérios para a construção ou reconstrução de passeios público, garantindo um padrão de paisagismo e a redução de áreas impermeáveis na cidade de Curitiba.

esgotamento sanitário adequado, 76,1% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 59,1% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada, ou seja, presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio, como exemplificado na Figura 72.

Figura 72 – Área urbanizada de Curitiba, Paraná



Fonte: Gazeta do Povo, 2017.

PARTE III – A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

5. O RIO DE JANEIRO

A cidade do Rio de Janeiro desenvolveu-se sobre um espaço geomorfológico característico da baía de Guanabara: a barra estreita, protegida por montanhas, uma série de pequenas enseadas separadas por morros, e as margens, de terrenos baixos e bem irrigados, alternando areais, lagoas e mangues, conforme configuração presumível apresentada na Figura 73 (MULTIRIO, 2018).

Figura 73 – Configuração presumível dos mangues e lagoas do Rio de Janeiro em 1500



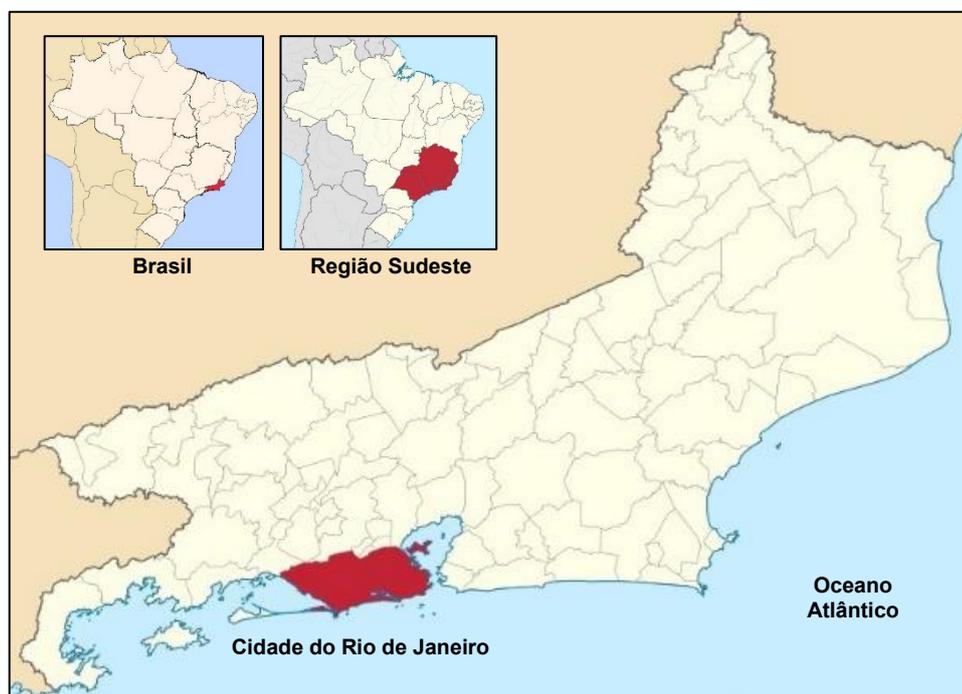
Fonte: Adaptado de ilustração do Instituto Pereira Passos (MULTIRIO, 2018).

No início, o Rio de Janeiro era um povoado instalado no topo de um dos morros, e para ampliar o espaço urbano e ocupar praias e planícies, houve a necessidade de intervir na natureza, com a realização de aterros e drenagem dos mangues e das lagoas, o que caracterizou um crescimento apertado entre o mar e as montanhas (BERNARDES e SOARES, 1990).

5.1. Caracterização Geral

A cidade do Rio de Janeiro está situada a 22°54'23" de latitude sul e 43°10'21" de longitude oeste, no município do mesmo nome, sendo a capital do Rio de Janeiro, um dos estados componentes da região sudeste do Brasil, conforme Figura 74 (IBGE, 2019).

Figura 74 – Localização da cidade do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Brasil



Fonte: IBGE, 2019.

De gentílico “carioca”, a cidade do Rio de Janeiro possuía uma população estimada em 6.775.561 habitantes em 2021 distribuídos em uma área aproximada de 1.255,33 km², sendo o segundo município mais populoso do país e da região sudeste do Brasil, com uma densidade demográfica de 5.265,82 hab/km² (IBGE, 2019).

Também conhecida como Grande Rio, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro é composta por 22 municípios (Rio de Janeiro, Belford Roxo, Cachoeiras de Macacu, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Petrópolis, Queimados, Rio Bonito, São Gonçalo, São João de Meriti, Seropédica e Tanguá)⁵², com uma população de mais de 13.005.430 habitantes distribuídos em aproximadamente 5.384 km² de área (RIO DE JANEIRO, 2021).

A cidade do Rio de Janeiro possui um clima tropical de savana (*Aw*)⁵³, na fronteira de um clima tropical monçônico, caracterizado por longos períodos de fortes chuvas entre

⁵² Lei Complementar n.º 184 de 27 de dezembro de 2018, aprovada pela Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro.

⁵³ [*Aw*] – simbologia da classificação climática de Köppen-Geiger.

dezembro e março, com verões quentes e úmidos, bem como invernos secos, quentes e ensolarados. As temperaturas acima de 40°C são comuns no verão, porém a cidade mantém uma média anual de 23,3°C, com índice pluviométrico em torno de 1.276 mm/ano (CLIMATE-DATA, 2021).

A cidade possui 246,22 km de extensão de litoral, com mais de 100 ilhas, e que se desdobra em três partes: a margem ocidental da Baía de Guanabara, a parte voltada para a Baía de Sepetiba e a parte voltada para o Oceano Atlântico. Assentado sobre três grandes maciços: da Pedra Branca, de Gericinó e da Tijuca, o Rio de Janeiro desenvolveu-se sobre estreitas planícies aluviais comprimidas entre montanhas e morros, com picos de interesse turístico como: a Pedra da Gávea, o Corcovado, o Dois Irmãos e o Pão de Açúcar (RIO DE JANEIRO, 2009).

Sobre a vegetação do Rio de Janeiro, pode-se dizer que a cidade está inserida em um dos biomas mais ricos em termos de biodiversidade: a Mata Atlântica. Os maiores exemplos da Mata Atlântica na cidade são as unidades de conservação do Parque Nacional da Tijuca e o Parque Estadual da Pedra Branca. Além disso, a cidade possui outros ecossistemas como: restingas, manguezais, campos de altitude e um grande conjunto de formações florestais (ARAÚJO, 2015).

A cidade do Rio de Janeiro possui uma hidrografia composta por rios e lagoas, que formam diversas sub-bacias hidrográficas, e que deságuam nas baías ou no oceano. O maior rio genuinamente carioca é o rio Cabuçu (ou rio Piraquê), que deságua na baía de Sepetiba após um percurso de 22 km. Outros rios conhecidos são: o rio Carioca, primeiro a ser utilizado no abastecimento da população; e o rio Cachoeira, formador das cascatas da Floresta da Tijuca. A maior lagoa do Rio de Janeiro é a de Jacarepaguá, com área aproximada de 11 km². Outras lagoas conhecidas são: a lagoa de Marapendi, a Lagoinha e a lagoa Rodrigo de Freitas, como um dos principais pontos de atração turística da cidade (RIO DE JANEIRO, 2009).

O Rio de Janeiro é a cidade com o segundo maior PIB no Brasil, em torno de R\$ 337.594.461.670 em 2017, congregando, juntamente com o Grande Rio, o segundo maior polo industrial do Brasil, com refinarias de petróleo e as indústrias: naval, metalúrgicas, petroquímicas, gás-químicas, têxteis, gráficas, editoriais, farmacêuticas, de bebidas, cimenteiras e moveleiras. O turismo na cidade do Rio de Janeiro representa 4,9% da economia

da cidade e 11,5% da geração da indústria no Brasil. Além disso, o setor de serviços e negócios tem transformado o perfil econômico da cidade (IBGE, 2017).

5.2. A história da drenagem e dos planos urbanísticos do Rio de Janeiro

Durante décadas, o contexto social e urbano da cidade do Rio de Janeiro ocorreu durante décadas com grande crescimento demográfico, porém desacompanhado de proporcional melhoria nas condições de higiene (RIO DE JANEIRO, 2015).

Segundo Edler (2018), a partir da Independência do Brasil, a fiscalização das condições gerais de higiene pública, bem como o policiamento das posturas urbanas, estiveram a cargo da Fisicatura-mor, auxiliada pelas câmaras municipais e pela inspetoria de polícia até 1828, quando os inspetores de saúde dos governos provinciais passaram a fiscalizar os fatores urbanos, que se acreditava estarem implicados na produção das doenças e epidemias.

Desde que o imperador D. Pedro II contratou engenheiros ingleses para projetar o sistema de esgotamento do Rio de Janeiro e São Paulo, a drenagem urbana tornou-se um elemento obrigatório nos projetos de urbanização e as redes de esgotos sanitários passaram a ser projetadas e construídas independentemente dos sistemas de drenagem pluvial, sob o conceito de sistema separador absoluto (RIO DE JANEIRO, 2015).

O primeiro plano urbanístico para a cidade do Rio de Janeiro elaborado em 1843 foi intitulado de Relatório Beaurepaire – resultado de uma fiscalização urbana – e apresentou uma proposta global de organização formal, que não se restringia apenas aos problemas emergenciais, porém a uma extensa avaliação dos problemas da cidade (RIO DE JANEIRO, 2015).

O Relatório Beaurepaire foi dividido em duas partes, que tratavam basicamente da salubridade pública e do embelezamento da cidade, e as principais propostas foram:

- a transferência do matadouro público para a praia de São Cristóvão;
- a adoção do padrão europeu como solução da questão do esgotamento sanitário;
- a construção de encanamentos para abastecimento de água para todas as casas a partir dos rios Carioca e Maracanã;

- o estabelecimento de um canal de navegação no mangue da Cidade Nova – o canal do Mangue – com o objetivo de eliminar o grande “foco de miasmas”⁵⁴ da região, concluída em 1856 pelo Barão de Mauá; e
- o desmonte do Morro do Castelo a fim de ampliar a extensão da cidade e contribuir para salubridade e embelezamento.

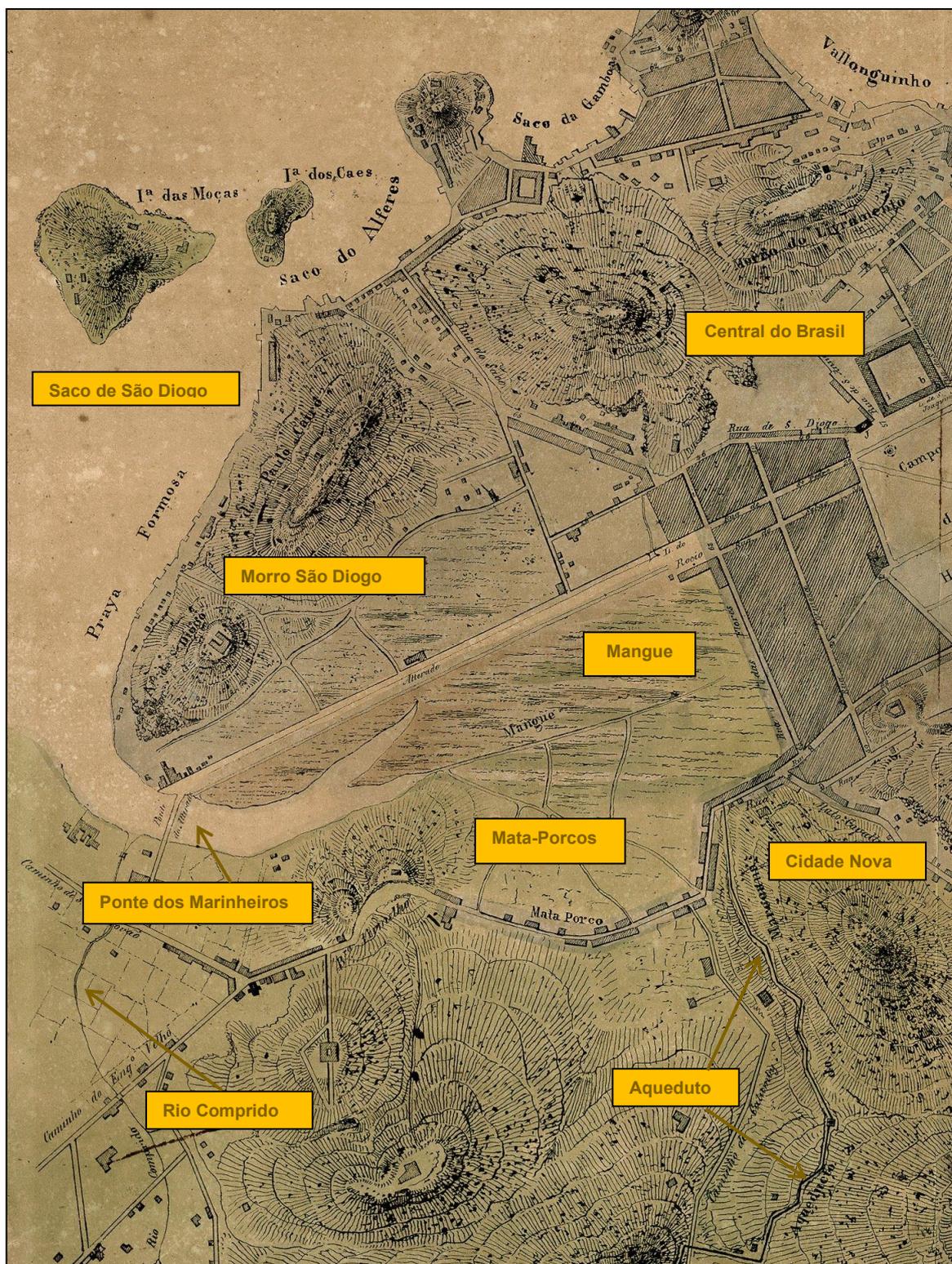
As obras de saneamento mais caras e complexas propostas no Relatório Beaurepaire se concentraram no Saco de São Diogo, onde ocorreu a construção da Ponte dos Marinheiros, que facilitou a passagem da família Real para a Quinta da Boa Vista, e abriu caminho para a ocupação da região de São Cristóvão e, posteriormente, do Catumbi, Estácio e Rio Comprido (EDLER, 2018).

Entretanto, as condições climáticas peculiares do Rio de Janeiro e a urbanização baseada na ocupação de lotes grandes e ruas largas culminou na implantação de um sistema inédito de baixo custo e menores tarifas: o sistema separador parcial, que coletava as vazões pluviais de pavimentos, telhados e pátios, bem como os esgotos domésticos (EDLER, 2018).

Nos terrenos mais firmes, para além do manguezal, os colonizadores pioneiros fundaram pequenos arraiais, distantes da cidade, com suas lavouras e pastagens para o gado, como aconteceu em São Cristóvão e Mata-Porcos (atual Estácio). A cidade foi se espalhando em direção à Tijuca, os rios foram canalizados, as plantações substituídas por chácaras e casas, e por fim edifícios de apartamentos (Figura 75).

⁵⁴ A teoria dos miasmas explicava o surgimento das doenças a partir das emanações nocivas invisíveis que corrompiam o ar e atacavam o corpo humano. Os miasmas seriam gerados pela sujeira encontrada nas cidades insalubres e por gases formados pela putrefação de cadáveres humanos e de animais (MASTROMAURO, 2010).

Figura 75 – Saco de São Diogo em cartografia do Rio de Janeiro em 1831



Fonte: Adaptado de E. de la Michellerie, Biblioteca Nacional, 2020.

Naquele momento, devido aos problemas financeiros do Rio de Janeiro, apenas uma pequena parcela das propostas do Relatório Beaurepaire foi executada. Em 1875, a Comissão de Melhoramentos foi criada para levantar a questão urbanística da cidade e promover uma discussão pública, que foi fundamental para moldar a primeira intervenção sistemática e direta do Estado sobre o espaço urbano carioca: o Plano Pereira Passos em 1903 (CARVALHO, 2014).

As reformas promovidas pelo prefeito Pereira Passos no final do século XIX resultaram na canalização dos baixos cursos do rio Maracanã, do rio Comprido e do rio Trapicheiro; bem como na abertura da avenida Francisco Bicalho e o novo Cais do Porto, com ligação até o mar, conforme Figura 76.

Figura 76 – Canal do Mangue e acesso à Avenida Francisco Bicalho



Fonte: Arquivo da Cidade do Rio de Janeiro, 2020.

Entre 1928 e 1930, ocorreu um rápido avanço da industrialização na cidade e, sob o modelo proposto pelo Plano Agache, foram aterrados grande parte da enseada de Manguinhos e Inhaúma, onde foi construído o aeroporto de Manguinhos, atual Santos Dumont (RIO DE JANEIRO, 2015).

Nos anos 40, os vetores de expansão urbana do Rio de Janeiro seguiram em direção à avenida Brasil e o Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) promovia a “recuperação” de áreas inundadas pelas marés, por meio de aterramentos desde a orla da baía

da Guanabara, induzindo o surgimento de assentamentos nas baixadas em Ramos e Bonsucesso, como o da praia do Apicum, hoje a favela da Maré (PIRES, 2010).

Durante a administração do governador Carlos Lacerda, foi elaborado o Plano Doxiadis, resultado de uma parceria entre a Comissão Executiva de Desenvolvimento Urbano do Estado da Guanabara e a empresa *Doxiadis Associates, Consultants on Development and Ekistics*⁵⁵, com o objetivo de elaborar o plano e programas de desenvolvimento urbano da Guanabara (REZENDE, 2014).

Segundo Pires (2010), ao comparar-se o Plano Agache e o Plano Doxiadis, pode-se observar que não há muita diferença entre a política de segregação do primeiro e a estratificação social do segundo, apesar de o Plano Doxiadis utilizar a tecnologia da informação para processar dados fora do país, com premissas técnico-científicas mais consubstanciadas.

Nos diferentes períodos de regime de exceção, os governos autoritários do período pós-golpe militar implementaram gigantescos investimentos em infraestrutura no Rio de Janeiro, inaugurando a era dos “superplanos”, entre eles: o Plano Lúcio Costa, para a Baixada de Jacarepaguá e Barra da Tijuca; o Plano Urbanístico Básico e o Plano Integrado de Transportes (PIRES, 2010).

As características principais dos planos deste período eram: a) ausência de um debate público sobre a natureza política dos planos; b) o conteúdo conflituoso das suas propostas, uma vez que não houve consulta às diferentes esferas de gestão pública (municipal, estadual e federal); c) o excessivo número de recomendações que se inspiraram em modelos importados e não baseados na realidade local (PIRES, 2010).

No final dos anos 80, os municípios passaram a adotar formas mais participativas de gestão urbana, tendo como “premissa básica” a efetiva participação da população na solução dos problemas que afetavam a reprodução de sua cotidianidade e da cidadania urbana, e adoção de novos preceitos constitucionais no que se refere à confecção e à implantação dos planos diretores (RIO DE JANEIRO, 2015).

⁵⁵ Em português, “Doxiadis Associados, Consultores em Desenvolvimento e Equística” foi o escritório coordenado pelo engenheiro-arquiteto grego Constantinos Apostolos Doxiadis (1913-1975), pioneiro da teoria equística de planejamento urbano, que previa os agrupamentos humanos em áreas urbanas e metrópoles fundidas como uma única gigantesca cidade global, dada a crescente urbanização e o crescimento populacional (REZENDE, 2014).

Nos anos 90 e sob um cenário de pressões externas das instituições financeiras globais, o governo brasileiro passou a adotar políticas neoliberais, como: privatização dos serviços de utilidade pública, desregulamentação das relações de trabalho, abertura comercial e redução do poder do Estado; priorizando o discurso de implantação emergencial de planos estratégicos em detrimento aos planos diretores (PIRES, 2010).

Foi neste contexto que o Rio de Janeiro promoveu o Plano Estratégico da Cidade do Rio de Janeiro (PECRJ), inspirado na cidade de Barcelona, e transferência de decisões para o Conselho da Cidade⁵⁶, reconhecendo a relevância do poder público no controle do desenvolvimento urbano e a elaboração dos projetos urbanos mais aberta e flexível, sem as restrições do plano diretor.

Entre o final dos anos 90 e o início dos anos 2000, muitos projetos foram elaborados conforme previsto no PECRJ, entre eles: o Projeto Rio-Cidade, o Projeto do Teleporto do Rio de Janeiro; o Projeto Favela Bairro; o Projeto de Recuperação e Revitalização Urbana da Zona Portuária – o Projeto Porto do Rio; o Projeto Pier Mauá e a construção do Museu Guggenheim; a Candidatura da Cidade do Rio de Janeiro para as Olimpíadas de 2012; e o Projeto Cidade da Música.

Após a cidade do Rio de Janeiro ser eleita a capital da Copa do Mundo de 2014 e dos Jogos Olímpicos de 2016, a prefeitura lançou em 2009 o Plano Estratégico da Prefeitura do Rio de Janeiro (PEPRJ), anunciando o Porto Maravilha como uma das quarenta e seis metas a serem cumpridas até 2012 (RIO DE JANEIRO, 2009).

Segundo Pires (2010), nos últimos trinta anos, os projetos e programas pertencentes aos planos de gestão da cidade do Rio de Janeiro não priorizaram a implantação de modelos sob o conceito de desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto, e optaram por grandes obras estruturais de engenharia para solucionar as questões relacionadas às inundações urbanas, deixando de valorizar a participação democrática no processo.

⁵⁶ De acordo com Vainer (2000), o Conselho da Cidade era formado, em sua composição ampla, por mais de 300 membros (entidades associativas, sindicatos, instituições acadêmicas, diversas empresas, ONGs, etc.), que pouco ou quase nada interferiam ou alteravam as decisões estabelecidas, sendo considerado uma função meramente simbólica para homologar documentos preparados pelo Comitê Executivo e previamente aprovados pelo Conselho Diretor.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável (PDDUS) da cidade do Rio de Janeiro de 2011 apresenta objetivos, diretrizes e ações estruturantes, visando orientar o desenvolvimento urbano e ambiental da cidade, por meio da transversalidade entre as políticas setoriais de desenvolvimento urbano e ambiental, com as econômicas, sociais e de gestão (RIO DE JANEIRO, 2011).

Em outubro de 2019, a Secretaria Municipal de Urbanismo da cidade do Rio de Janeiro iniciou a interlocução com os diversos segmentos da sociedade civil e setores governamentais das três instâncias de governo para a revisão do Plano Diretor de 2011 (RIO DE JANEIRO, 2021d).

O Quadro 17 apresenta um resumo cronológico dos planos urbanísticos da cidade do Rio de Janeiro do séc. XIX ao séc. XXI.

Quadro 17 – Planos urbanísticos da cidade do Rio de Janeiro

Histórico dos Planos Urbanísticos da Cidade do Rio de Janeiro	
1843	Plano Beaurepaire
1875/1876	Plano Comissão de Melhoramentos
1903	Plano Pereira Passos
1926/1930	Plano Agache
1938/1948	Plano Comissão da Cidade
1965	Plano Doxiadis
1969	Plano Lúcio Costa
1977	Plano Urbanístico Básico do Rio (PUB Rio)
1977	Plano Integrado de Transportes (PIT Metrô)
1992	Plano Diretor
1993	Plano Estratégico da Cidade do Rio de Janeiro
1996	Favela-Bairro
1998	Plano Maravilha – Plano estratégico de infraestrutura e comunicação para aumentar o tempo do turista na cidade
2009	Plano Estratégico da Prefeitura do Rio de Janeiro
2010	Porto Maravilha – Plano proposto para a Copa 2014 e os Jogos Olímpicos 2016
2011	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro
2019	Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável e da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Rio de Janeiro (em andamento)

Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2022.

5.3. As grandes chuvas

Os conceitos de enxurrada, inundação, enchente e alagamento podem ser confundidos visto que tratam de impactos – naturais ou não – ocasionados pelas águas. Tucci (2007), Pisani (2001), Grilo (1992) e Pompêo (2000) são alguns dos pesquisadores que trataram deste tema, e cujas definições estão resumidas no Quadro 18.

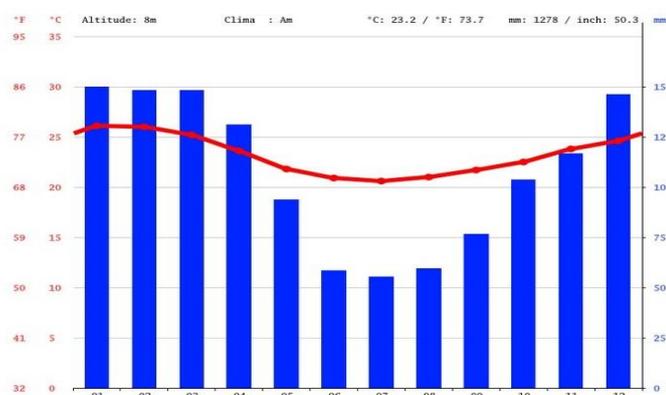
Quadro 18 – Definições de impactos causados pelas águas urbanas

Enxurrada	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado (TUCCI, 2007). Elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial (COBRADE, 2012).
Inundação	Fenômeno natural, que ocorre quando a vazão a ser escoada é maior que a capacidade de descarga do sistema hídrico. A inundação em áreas ocupadas por atividades humanas, incompatíveis com a presença da água, se torna um desastre com perdas socioeconômicas de grande vulto (PISANI, 2001).
Enchente	Fenômeno natural, que ocorrem periodicamente nos cursos d'água devido às chuvas de elevada magnitude. Em áreas urbanas, as enchentes podem ser decorrentes: (i) das chuvas intensas de largo período de retorno; (ii) dos transbordamentos de cursos d'água provocados por mudanças no equilíbrio no ciclo hidrológico em regiões a montante das áreas urbanas; e (iii) da urbanização (POMPÊO, 2000).
Alagamento	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas (GRILO, 1992).

Fonte: Braga, 2016.

A cidade do Rio de Janeiro e sua região metropolitana estão periodicamente sob o risco de ocorrência de grandes enchentes provocadas pelas tradicionais tempestades de verão, e cujo comportamento climático médio anual pode ser observado na Figura 77.

Figura 77 – Comportamento climático anual do Rio de Janeiro



Fonte: CLIMATE-DATA, 2020.

Por se tratar de uma cidade litorânea, o efeito da maritimidade é claramente perceptível, e traduz-se em amplitudes térmicas relativamente baixas e acentuado pelo relevo de encostas. Esta característica provoca um aumento da umidade relativa do ar e contato mais intenso com as massas de ar que vêm dos oceanos, o que possibilita a ocorrência de chuvas intensas (CLIMATE-DATA, 2020).

As enchentes na metrópole fluminense geralmente impactam as comunidades das várzeas e dos aterros próximos à baía de Guanabara e nas favelas em morros, frequentemente próximas ao centro e à Zona Sul carioca; bem como a Baixada Fluminense, que não possui um sistema de drenagem propício para uma área originalmente pantanosa (RIO DE JANEIRO, 2013).

A cronologia de eventos decorrentes das chuvas no Rio de Janeiro tem seu primeiro registro em setembro de 1711, quando grandes inundações assolaram a cidade e atingiram uma área entre a baía de Guanabara e os morros, tornando tudo um “verdadeiro mar”, conforme citado nos registros históricos. O Quadro 19 mostra alguns registros de eventos na cidade do Rio de Janeiro entre o século XVIII e o início do século XX (RIO DE JANEIRO, 2015).

Quadro 19 – Eventos decorrentes de chuvas históricas na cidade do Rio de Janeiro

1711	Primeiro registro histórico de uma grande inundação.
1756	Grande temporal provocou inundações em toda a cidade, onde foram vistas canoas navegando pelo centro e registrados vários desabamentos de casas fazendo inúmeras vítimas fatais.
1811	Catástrofe conhecida como “águas do monte”, por conta da enxurrada violenta que descia dos diversos morros da cidade. O Morro do Castelo desmoronou, arrastando diversas casas e causando inúmeras vítimas. A tragédia foi tão grande que as igrejas, sob as ordens de D. João VI, acolheram os desabrigados. Pela primeira vez, foram realizados estudos sobre as causas da catástrofe e realizadas obras de contenção – a muralha do Castelo-Fortaleza de São Sebastião.
1906	Uma grande chuva ocorreu, provocando inundações por toda a cidade. O Canal do Mangue transbordou provocando alagamentos em quase toda a região e houve desmoronamentos com mortes, no morro de Santa Teresa, Santo Antônio e Gamboa.
1924	Fortes chuvas encheram novamente o Canal do Mangue e inundaram a Praça da Bandeira e vários bairros próximos. Houve desabamento de barracos no Morro de São Carlos, no bairro do Estácio.
1940 1942 1962	Transbordamento do Canal do Mangue e inundação na Praça da Bandeira.

Fonte: Empresa Brasileira de Comunicação, 2016.

O dia 2 de janeiro de 1966 entrou tragicamente para a história como “o dia da pior enchente do Rio de Janeiro”, conforme intitularam os meios de comunicação da época. As fortes chuvas duraram uma semana e ocasionaram enchentes, deslizamentos em todo o Estado do Rio de Janeiro e no Estado da Guanabara⁵⁷, e provocaram o caos no transporte, um “apagão” elétrico e o colapso do sistema de emergência. A Figura 78 apresenta o registro de algumas fotografias do temporal, cujo saldo foi de mais de duzentas e cinquenta pessoas mortas e de cinquenta mil desabrigados (EBC, 2016).

Figura 78 – Registro das inundações de 1966 no Rio de Janeiro



Fonte: Imagens extraídas da Empresa Brasileira de Comunicação, 2016.

Apesar de todo o drama vivido pela cidade, as fortes chuvas se repetiram em 1967, com mais de quinhentas mortes em diferentes temporais e vinte e cinco mil feridos. No bairro de Laranjeiras, ocorreu um deslizamento de terra onde foram soterrados uma casa e destruídos dois edifícios, com duzentas mortes e mais de trezentos feridos (EBC, 2016).

⁵⁷ Denominação da cidade do Rio de Janeiro enquanto foi a capital do Brasil (nota do autor).

Na verdade, a memória ambiental da “cidade maravilhosa”, para os seus moradores, está além das belas praias, florestas e montanhas. Na convivência do espaço construído, a chuva é um dos elementos que os cariocas compartilham no ir-e-vir cotidiano, tendo que passar pelo “horror” da cidade paralisada, alagada, submersa, pelos deslizamentos dos morros e pela memória dos temporais de verão (MAIA e SEDREZ, 2011).

O Quadro 20 mostra eventos significantes decorrentes de chuvas e deslizamentos de terra no Rio de Janeiro e região metropolitana a partir dos anos 80, e que perduram até os dias de hoje.

Quadro 20 – Eventos de chuvas e deslizamentos de terra na cidade do Rio de Janeiro e região metropolitana a partir dos anos 1980

Mês / Ano	Registro
Março / 1982	Inundação com 6 mortos depois de deslizamentos no morro Pau da Bandeira, inundando várias ruas com o transbordamento do rio Faria-Timbó.
Março / 1983	Um grande temporal caiu na madrugada de 20 de março de 1983, provocando a desabamento de casas e a morte de 5 pessoas em Santa Teresa, onde a chuva atingiu 189 mm. O transbordamento de rios e canais em Jacarepaguá deixou mais de 150 desabrigados e 18 mortos.
Janeiro / 1987	Enchente na Baixada Fluminense e na Região Serrana com 292 mortos e 20 mil desabrigados. Foi decretado pela primeira vez do Estado de Emergência e depois do Estado de Calamidade Pública.
Fevereiro / 1988	Enchente e deslizamento no Rio de Janeiro com 289 mortos, 734 feridos e 18.560 desabrigados.
Janeiro / 1999	Enchente na capital e região Serrana com 41 mortos, 72 feridos e 180 famílias desabrigadas.
Janeiro / 2000	Enchente na região Serrana com 22 mortos, 60 feridos e 133 famílias desabrigadas.
Fevereiro / 2003	Enchente na Região Serrana, Sul e Norte Fluminense com 36 mortos, 95 feridos, 870 desalojados e 823 desabrigados.
Abril / 2010	Deslizamento de terra no morro do Bumba (Niterói) com 264 mortos.
Janeiro / 2011	Enchente na região serrana com mais de 1000 mortos e considerado o maior desastre natural da história do Brasil.
Janeiro / 2020	Chuva intensa atinge a cidade do Rio de Janeiro durante a madrugada de 1º de março de 2020, e deixa a cidade em estágio de alerta, devido aos alagamentos e deslizamentos de terra.
Fevereiro / 2022	Enchente e deslizamento de terra em Petrópolis, no morro da Oficina e no centro, deixam mais de 230 mortos.

Fonte: Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro, 2022.

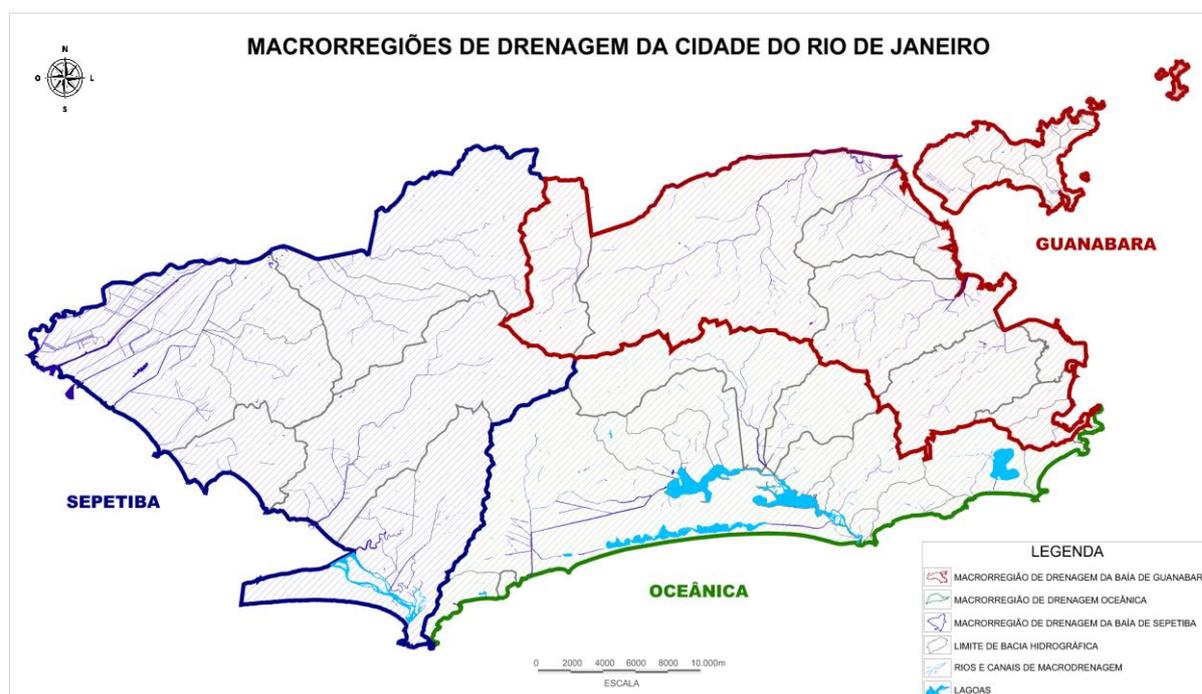
Maia e Sedrez (2011) mostram que a tipologia de planejamento urbano escolhida para a gestão das águas das chuvas na cidade do Rio de Janeiro tem sido baseada na canalização dos rios, na construção em áreas alagadas e na execução de extensos aterros nas áreas da baía de Guanabara.

A expansão histórica da cidade – primeiro morro abaixo, depois baía adentro e finalmente morro acima – criou espaços desiguais em termos de vulnerabilidade às águas das chuvas, as chamadas áreas de risco, nas quais certos grupos da população, na maioria das vezes mais pobres e menos assistidos pelo Estado, estão mais vulneráveis às enchentes (MAIA e SEDREZ, 2011).

5.4. As macrorregiões de drenagem do Rio de Janeiro

A cidade do Rio de Janeiro possui 48 (quarenta e oito) bacias hidrográficas inseridas, total ou parcialmente nos limites do município. Essas bacias drenam para três grandes corpos hídricos receptores, que definem as três macrorregiões de drenagem da cidade: Macrorregião da Baía de Guanabara, Macrorregião Oceânica e Macrorregião da Baía de Sepetiba, conforme Figura 79 (RIO DE JANEIRO, 2015b).

Figura 79 – Macrorregiões de drenagem da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro, 2015b.

- Macrorregião da Baía de Guanabara – abrange as bacias hidrográficas das zonas norte e central da cidade e concentra 71% da população da cidade, composta pelas bacias da região metropolitana;
- Macrorregião Oceânica – compreende as bacias da zona sul, Barra e Jacarepaguá, que deságuam no oceano Atlântico, e abrange aproximadamente 17% da população da cidade, totalmente inserida nos limites da cidade; e
- Macrorregião da Baía de Sepetiba – corresponde a toda a porção oeste do município, notadamente as regiões de Santa Cruz e Campo Grande, em um total de 11% da população da cidade, e abrange as bacias da região metropolitana.

5.5. Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais (PDMAP)

O Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro (PDMAP) faz parte do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), e descreve o manejo adequado e sustentável das águas pluviais, e o controle de enchentes na cidade do Rio de Janeiro, a fim de assegurar a saúde pública, a segurança da vida e do patrimônio público e privado, em atendimento à Lei Federal n.º 11.445/2007 (RIO DE JANEIRO, 2015).

A formulação do PDMAP teve seu arcabouço fundamentado nos princípios e diretrizes e instrumentos definidos na legislação, em âmbito nacional, regional e local, e nos Programas e Políticas Públicas com interface com o Saneamento Básico, especialmente:

- Lei Federal n.º 8.987/1995 – Lei de Concessão e Permissão de Serviços Públicos;
- Lei Federal n.º 9.433/1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos;
- Lei Federal n.º 10.257/2001 – Estatuto das Cidades;
- Lei Federal n.º 11.124/2005 – Lei do Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social;
- Lei Federal n.º 11.445/2007 – Lei Nacional de Saneamento Básico;
- Resolução Recomendada CONCIDADES n.º 75/2009 do Ministério das Cidades;
- Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (PDRH-BG);
- Lei Orgânica Municipal; e
- Plano Diretor do Município do Rio de Janeiro (Lei Complementar n.º 111/2011).

Diante do princípio fundamental da participação social na construção dos planos de saneamento indicado pela Lei de Saneamento Básico, a cidade do Rio de Janeiro definiu o Conselho Municipal de Política Urbana (COMPUR), como órgão participativo e consultivo, integrante do Sistema Integrado de Planejamento e Gestão Urbana, e como controle social na formulação, planejamento e avaliação da política municipal de saneamento básico, em todas as suas modalidades (Decreto Municipal n.º 39.679/2014).

O PDMAP, aprovado pelo Decreto Municipal n.º 41.173/2015, apresenta diretrizes e premissas que nortearam os estudos e a proposição de alternativas para o manejo das águas

pluviais e controle das cheias na cidade do Rio de Janeiro. As diretrizes e premissas foram definidas dentro dos conceitos da moderna drenagem urbana, de acordo com as condicionantes naturais e antrópicas da formação das cheias em cada bacia hidrográfica estudada.

DIRETRIZES E PREMISSAS do PDMAP

- A unidade de planejamento é a bacia hidrográfica;
- Garantir os limites de ocupação do solo previstos na legislação municipal;
- Reverter os efeitos nocivos da urbanização nas áreas já consolidadas e minimizar os impactos futuros desse processo nas áreas em processo de urbanização;
- Não transferir inundações para jusante;
- Promover a desconcentração dos lançamentos;
- Tratar *flash floods* (cheias rápidas ou enxurradas) prioritariamente com medidas de reservação, como reservatórios de “pé de morro”;
- Tratar estrangulamentos pontuais prioritariamente com reforço de capacidade;
- Evitar intervenções em canais consolidados;
- Priorizar sistemas *on-line* e por gravidade no planejamento das estruturas de reservação e o uso de áreas públicas;
- Promover a valorização dos cursos d’água na paisagem urbana;
- Estabilização das calhas dos canais para prevenir a erosão e o assoreamento; e
- Priorizar a aplicação de medidas compensatórias nas áreas em processo de urbanização, com impacto hidrológico zero.

Com o objetivo de possibilitar a elaboração do diagnóstico hidráulico dos canais de drenagem da cidade e o planejamento das intervenções propostas pelo PDMAP, foram realizados levantamentos topo-batimétricos cadastrais nos cursos d’água da rede de macrodrenagem das bacias prioritárias, que não possuíam cadastro na Fundação Rio-Águas, em um total de 265 km cadastrados de rede de macrodrenagem nessas bacias (RIO DE JANEIRO, 2015b).

Para complementar a fase de levantamento de dados do plano, foram realizadas inspeções de campo para verificar as condições dos canais e galerias da rede de

macro drenagem, com registros fotográficos e posterior emissão de relatórios, acompanhados de planta de localização das fotos para os cursos de macro drenagem das bacias prioritárias (RIO DE JANEIRO, 2015b).

Além disso, esses dados foram tratados a partir de levantamentos hidrológicos, topográficos, topo-batimétricos e cadastrais, bem como o uso e ocupação do solo, em conjunto com entrevistas com moradores e observações das manchas de inundação nas edificações e nos postes de iluminação pública; e foram capazes de permitir a identificação das áreas de inundação e elaborar mapas para as bacias hidrográficas, na forma de Plantas de Inundação Observada (RIO DE JANEIRO, 2015b).

As questões técnicas do PDMAP foram tratadas a partir do diagnóstico do funcionamento da rede de macro drenagem, com base em simulações hidráulico-hidrológicas para identificação dos déficits de capacidade na rede, pelo modelo hidrológico de transformação “chuva-vazão”. A precipitação efetiva foi calculada pelo método SCS *Curve Number* (CN), determinado pelos métodos-padrão ou pela parcela de áreas permeáveis e impermeáveis, com base na densidade demográfica (RIO DE JANEIRO, 2015b).

Para a transformação da “chuva-vazão”, foi aplicado o método do hidrograma triangular unitário do SCS, baseado nos princípios:

- i) Princípio da proporcionalidade – relaciona o hidrograma de uma chuva de 10mm, chamada chuva unitária, com o hidrograma de uma chuva “P”, cuja proporção para a chuva unitária seja conhecida; e
- ii) Princípio da superposição – aplicado para obter os hidrogramas resultantes de chuvas compostas de vários blocos de intensidade e duração, a partir dos hidrogramas parciais de cada bloco.

Na etapa final do PDMAP, foram realizados diversos estudos técnicos, simulações hidráulico-hidrológicas com critérios de projeto específicos⁵⁸ e análises da disponibilidade das áreas, com o objetivo de apresentar propostas alternativas e projetos básicos de intervenções

⁵⁸ Tempo de recorrência ($T_r = 25$ anos).

nas bacias hidrográficas, para a adequação dos escoamentos da rede de macrodrenagem, propondo alternativas, como observado no Quadro 21 (RIO DE JANEIRO, 2015b).

Quadro 21 – Concepção das alternativas para a adequação dos escoamentos na rede de macrodrenagem

Alternativas	Características	Benefícios	Concepção
RESERVAÇÃO	“pés de morros”: controle de <i>flash-floods</i> e retenção de sedimentos	Redução dos picos nas áreas baixas	Reservatórios <i>on-line</i>
		Controle de poluição	Reservatórios <i>off-line</i>
	Cotas intermediárias: controle de cheias nas áreas de baixada	Obras localizadas	Túneis-Reservatório (Osaka, Tóquio)
		Menos erosão nas áreas baixas	Amortecimento em calha
DESCONCENTRAÇÃO DOS LANÇAMENTOS	Derivações e desvios de curso d’água	Redução dos picos nas áreas baixas	Túneis Galerias de derivação
	Canais interceptores (“pés de morros”)		
REFORÇO NAS CANALIZÇÕES EXISTENTES	Retirada das obstruções pontuais	Aumento da capacidade hidráulica	Alteamento de pontes
	Ampliação das seções hidráulicas		Aprofundamento ou Alargamento de calha

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro, 2020.

5.6. O Rio Resiliente – chuvas fortes

Segundo Paiva e Schicchi (2019), as comunidades humanas são resultado de componentes sociais e institucionais de uma cidade, incluindo estruturas formais e informais, associações estáveis, entre outras, que impactam as áreas urbanas: escolas, bairros, agências, organizações, empresas, grupos de interesses, etc.

A partir desta reflexão, emerge o conceito de resiliência urbana a ser utilizado como recurso na leitura de territórios e das respectivas tangências e conflitos entre o suporte físico da cidade e a sua componente humana, tal como Holling (1973) definiu resiliência como sendo a capacidade de um ecossistema, de uma população ou de uma espécie, para recuperar seu funcionamento e um desenvolvimento normal depois de sofrer uma grande perturbação.

De acordo com Corrêa (2021), a resiliência hídrica urbana é entendida como “a capacidade de um sistema hídrico urbano (suas entradas e saídas) continuar a funcionar ou persistir após ser alterado, mas não necessariamente para permanecer o mesmo, porém, mantendo a mesma estrutura básica e modos de funcionamento”.

Diante disso, resiliência urbana é a capacidade de indivíduos, comunidades, instituições, negócios e sistemas de uma cidade de sobreviver, adaptar-se e prosperar, independente de choques e estresses a que são submetidos (RIO DE JANEIRO, 2016b).

Em função de suas características geológicas e geográficas, a cidade do Rio de Janeiro é uma região passível de ocorrência de precipitações pluviométricas intensas e suas possíveis implicações, além de ser uma cidade bastante adensada e que teve um crescimento desordenado durante décadas, com diversas construções executadas em áreas de risco, grande parte delas em morros e encostas sujeitos a deslizamentos.

Diante deste cenário, a cidade tem sofrido com a ocorrência de enchentes, inundações e deslizamentos de encostas, cuja frequência e intensidade tem uma grande probabilidade de aumentar, motivada pelo processo de mudanças climáticas em escala global (RIO DE JANEIRO, 2013).

Os deslizamentos de encostas tem sido o maior problema decorrente das chuvas fortes, em virtude dos danos humanos causados (óbitos e feridos). Desta forma, o foco principal da Defesa Civil Municipal é a proteção comunitária, em especial dos moradores das áreas de alto risco de deslizamentos, e os planos de prevenção e de emergência devem tratar das enchentes e alagamentos, com problemas recorrentes na cidade (RIO DE JANEIRO, 2013).

Neste sentido, a Defesa Civil decidiu colocar em prática a campanha “Rio de Janeiro em busca da resiliência frente chuvas fortes” em conjunto com a Estratégia Internacional para Redução de Desastres das Nações Unidas⁵⁹, que com suas diretrizes integradas ao Protocolo de Hyogo⁶⁰, permitem que a cidade do Rio de Janeiro enfrente os problemas causados pelas chuvas fortes, mediante 5 (cinco) prioridades (RIO DE JANEIRO, 2013):

⁵⁹ Tradução livre do autor de: *United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR)*.

⁶⁰ Protocolo parlamentar, do qual o Brasil é signatário, que trata da redução do risco de desastres e adaptação às alterações climáticas, assinado em 2015 na cidade de Sendai, Japão.

- i) Fazer da redução de desastres uma prioridade
 - Aquisição de um novo radar meteorológico;
 - Fortalecimento da Defesa Civil e demais órgãos do sistema;
 - Implantação de um Centro de Operações; e
 - Implantação do Plano de Prevenção Contra Enchentes da Praça da Bandeira.
- ii) Conhecer o risco e tomar ações
 - Mapeamento das áreas de risco geológico; e
 - Implantação do “Sistema de Alerta” e “Alarme Comunitário”.
- iii) Construir entendimento e consciência
 - Formação de núcleos comunitários de Defesa Civil; e
 - Atuação nas escolas (eventos e simulados).
- iv) Reduzir o risco
 - Delimitação legal e física das áreas de risco e de preservação ambiental;
 - Ações contínuas de conservação e limpeza;
 - Reassentamento de moradores das áreas de alto risco;
 - Realização de reflorestamento; e
 - Realização de obras de infraestrutura e estabilização de encostas.
- v) Estar preparado e pronto para agir
 - Definição das atribuições e responsabilidades (Plano de Emergência);
 - Comunidade, sociedade civil e poder público mobilizados; e
 - Simulação de desocupação emergencial das comunidades.

A adoção de medidas e ações baseadas nessas diretrizes tem como objetivo adaptar a cidade aos eventos de chuvas fortes, causando o mínimo de danos, bem como prever a manutenção de um nível aceitável de funcionamento e estrutura após as chuvas. De fato, é a tentativa de tornar o Rio de Janeiro habilitado para ser uma “Cidade Resiliente”, a partir da minimização ou absorção dos impactos decorrentes deste fenômeno natural: a chuva (RIO DE JANEIRO, 2016b).

6. PROPOSTA DE MODELO DE GESTÃO PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Apesar dos esforços atuais de modernização da drenagem urbana, as soluções implantadas nas cidades brasileiras têm frequentemente negligenciado questões ambientais de sustentabilidade. Com raras exceções, os tomadores de decisão buscam escolher a implementação tradicional de sistemas de drenagem – a infraestrutura cinza – e uma abordagem de engenharia rígida, embora tais soluções estejam sendo amplamente criticadas ao redor do mundo.

A partir do atual crescimento populacional, da tendência de urbanização e de suas inerentes consequências, como mencionado nos capítulos anteriores, as abordagens sustentáveis devem ser consideradas como soluções alternativas pois podem lidar com fluxos de pico de escoamento e, ao mesmo tempo, contribuir para o controle da poluição e a comodidade urbana.

Por outro lado, a inadequação e a falta de integração entre e políticas públicas existentes, bem como estratégias e ferramentas específicas, que podem contribuir para o processo de tomada de decisão, ainda são um impeditivo para a implantação de um modelo sustentável de drenagem sob o conceito do desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto.

A Figura 80 representa um resumo dos tópicos da proposta de modelo de gestão das águas pluviais, concebida nesta tese, que considera a cidade do Rio de Janeiro como base geográfica de estudo e a legislação urbano-ambiental vigente como ponto de partida para as adequações necessárias a fim de conceder legalidade às alterações propostas.

Esta proposta abrange 5 (cinco) dimensões temáticas:

- Recorte geográfico;
- Ativos potenciais;
- Governança local;
- Monitoramento remoto; e
- Adequação jurídica.

Figura 80 – Tópicos da proposta de Gestão das Águas Pluviais para a Cidade do Rio de Janeiro



Fonte: O autor, 2022.

Recorte Geográfico

O Rio de Janeiro apresenta características ambientais ligadas às águas desde o seu batismo, quando foi mencionada oficialmente pela primeira vez na segunda expedição exploratória portuguesa comandada por Gaspar de Lemos em janeiro de 1502, já que no acesso pela baía o navegador supôs tratar-se, compreensivelmente, da foz de um rio, e por conseguinte, deu o nome à região do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2021).

A cidade do Rio de Janeiro foi selecionada como área de estudo para esta proposta de gestão das águas pluviais devido à sua importância no contexto histórico nacional, já que pode ser considerado modelo para inúmeras mudanças políticas, sociais e administrativas no Brasil, desde a transferência da capital do Reino de Portugal para o Rio de Janeiro até a implantação da República.

Além disso, a exuberância natural e a importância ambiental da cidade do Rio Janeiro influenciaram na implantação das políticas públicas de urbanização do município, com avanços na implantação de conceitos sustentáveis, como pode ser observado no processo de elaboração do seu Plano Municipal de Saneamento Básico.

A cidade do Rio de Janeiro é banhada pelo Oceano Atlântico ao sul, pela Baía de Guanabara a leste e pela Baía de Sepetiba a oeste, com divisas marítimas mais extensas que as terrestres, incluindo as ilhas e as águas continentais, conforme observado na Figura 81 (RIO DE JANEIRO, 2021).

Figura 81 – Divisas marítimas da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Adaptado de *Google Maps*, 2022.

Tendo em vista que a cidade do Rio de Janeiro possui características geomorfológicas heterogêneas, resultado de uma composição de bacias hidrográficas urbanas distintas em seu extenso território, foi necessário buscar um recorte geográfico específico dentro da cidade, que pudesse representar de forma justificável a apresentação de uma proposta de gestão de águas pluviais para uma determinada região, e que pudesse ser replicada para o restante do município. A metodologia de escolha da área de estudo será apresentada no item 6.1 mais adiante.

Ativos Potenciais

A engenharia ambiental possui uma área de atuação bastante diversificada, relacionada diretamente com a proteção do meio ambiente, com soluções técnicas para impedir ou mitigar

impactos ou danos ambientais causados por: contaminação das bacias hidrográficas, desmatamento, erosão do solo, poluição da água, emissão de gases de efeito estufa, etc.; bem como pautar questões sociais e desenvolvimento econômico, associados ao bem-estar coletivo.

De acordo com Leff (2012), definir termos específicos, que possam representar os modelos ou conceitos ambientais é uma tarefa bastante complexa, a partir do momento em que o próprio termo “meio ambiente” teve a sua definição pautada em uma construção de saberes que excederam as “ciências ambientais”, para o terreno dos valores éticos, dos conhecimentos práticos e dos saberes tradicionais.

Diante da percepção de Rodrigues e Nascimento (2017), pode-se partilhar da certeza que a complexidade ambiental emerge no mundo como um efeito das formas de conhecimento, mas não se trata apenas de uma relação de conhecimento.

A ciência da contabilidade ambiental define o termo “passivo ambiental” como os benefícios ou resultados econômicos, sacrificados em função da preservação, recuperação e proteção do meio ambiente; ou em decorrência de uma conduta inadequada em relação às questões ambientais (RIBEIRO e MARTINS, 1993).

De um modo geral, os “passivos ambientais” correspondem aos danos ambientais ocasionados pelos processos produtivos de uma empresa ou pelas atividades de um determinado serviço, cujos prejuízos ao meio ambiente devem ser compensados de alguma maneira. Comparativamente, os “ativos ambientais” são os investimentos específicos baseados em métodos sustentáveis e que colaboram para a redução dos níveis de poluição (RIBEIRO e MARTINS, 1993).

Os “ativos ambientais” estão potencialmente relacionados com os investimentos em tecnologias, matérias primas e processos de prevenção, contenção, diminuição ou eliminação de aspectos poluentes, e que representam riscos ao meio ambiente ou à saúde pública, com diferenciais vinculados à responsabilidade social e ambiental das instituições em geral (RIBEIRO e MARTINS, 1993).

Com o propósito de conferir um uso adequado do termo “ativos ambientais”, esta tese toma emprestado as definições da contabilidade ambiental e, em conjunto com o conceito do desenho e o do desenvolvimento urbano de baixo impacto, considera como “ativo ambiental”,

“ativo ambiental potencial” ou simplesmente “ativo potencial”, todo e qualquer espaço físico no recorte geográfico, onde possa ser implantado uma técnica alternativa e sustentável de gestão das águas pluviais.

Cada ativo potencial poderá ser vinculado a um dispositivo verde (ou azul) de apoio à gestão das águas pluviais, formando uma infraestrutura ecológica que juntamente com as infraestruturas sociais e econômicas contribuirão para a saúde e a qualidade de vida das pessoas. Os resultados dessa rede de infraestrutura verde serão observados a médio e longo prazos, conforme os benefícios ecológicos forem vivenciados pela população local (BENEDICT e MCMAHON, 2006).

Ainda segundo Benedict e McMahon (2006), o objetivo de planejar uma infraestrutura verde é promover a conservação dos espaços, bem como identificar, proteger e manejar as redes de áreas verdes interconectadas, não se limitando aos limites municipais, já que essas redes se estendem sobre diversas paisagens.

De uma forma geral, os ativos potenciais podem ser identificados na medida que um determinado recorte geográfico é mapeado e suas áreas passíveis de intervenções são visualizadas e classificadas, conforme as características a seguir:

- terras públicas – áreas militares, porções de florestas, terras abandonadas e outros espaços livres;
- áreas sensíveis – encostas íngremes, áreas costeiras e áreas sujeitas a alagamento;
- áreas cultiváveis – destinadas à agricultura, silvicultura e à caça;
- áreas de lazer – campos de golfe, parques, ciclovias e trilhas;
- áreas privadas – parques industriais;
- zonas destinadas aos serviços concessionários – adutoras e linhas de alta tensão;
- lugares abandonados ou subutilizados – aterros sanitários desativados e vazios urbanos; e
- corredores de transporte – linhas férreas e autoestradas.

Em um segundo momento, outros ativos potenciais poderão ser incluídos no sistema de planejamento e gestão das águas pluviais, tais como: hortas, áreas de cultivo, trilhas, áreas de

lazer e locais turísticos e culturais; bem como projetos de revitalização de rios e córregos, projetos de criação de parques lineares, e até mesmo projetos de mobilidade urbana, formando um sistema multifuncional que atenda às necessidades locais e contribua para a manutenção da qualidade de vida da cidade (SILVA, 2017).

Governança local

O conceito de governança tem sido amplamente discutido tanto nos meios acadêmicos quanto no setor público, bem como em instituições não governamentais, sob a percepção de como o Poder Público se administra e de como administra a sua relação com a sociedade civil, em geral.

De acordo com Peters (2013), governança é um conceito contestado entre perspectivas concorrentes, podendo ser: (a) de governos desajeitados, burocráticos e, de muitas maneiras, não democráticos, e cujos serviços, senão a maioria, poderiam ser prestados por redes de agentes sociais; (b) ou a favor de abordagens mais centradas no Estado para o ato de governar.

Governança é a forma de operacionalização das políticas governamentais, por meio de redes transgovernamentais, a partir de questões relativas, como: ao formato político-institucional do processo decisório; à definição das práticas de planejamento; e às estratégias para o desenvolvimento de ações, programas e projetos. Afirma-se, ainda, que os atores não governamentais dessas redes podem assumir papéis relevantes nos processos decisórios (GONÇALVES, 2005).

Segundo Vidal e Filho (2011), constantemente haverá uma lacuna entre as ações planejadas e as formas de implementação de políticas públicas de governança local. Isto se deve ao fato de não se apresentarem modelos de governança que institucionalizem o processo de participação, nem que integrem o processo de decisão no nível nacional, regional e sub-regional, e que financiem as ações propostas.

Diante de tantos conceitos, pose-se ainda afirmar que o termo “governança” é popular, porém impreciso, e debater outras definições em nome da “governança sem governo”, conforme mostra Rhodes (1996).

De uma maneira geral, as estratégias de governança de desenvolvimento de políticas públicas locais estão diretamente vinculadas às ações e programas descentralizados de governo, à intersectorialidade, às parcerias entre diferentes organizações, e aos canais de participação social (CKAGNAZAROFF e ABREU, 2009).

Barquero (2002) afirma que para o êxito de um projeto coletivo e para que as inovações favoreçam a revitalização do local é necessário um acordo estratégico, metropolitano e regional entre as organizações locais, envolvendo redes de atores, organizações públicas e privadas, entre outras instituições.

Apesar de tantas definições e possibilidades de modelos de governança local, deve-se dar ênfase ao senso comum de participação democrática da sociedade organizada nos processos de tomada de decisão.

Conforme observado na cidade de Auckland, na Nova Zelândia (item 4.5.6) e na região de Marselha-Provença, na França (item 4.5.11), bem como nos modelos de soluções sustentáveis nas cidades de Seul, na Coreia do Sul (item 4.5.8) e Amsterdam, na Holanda (item 4.5.9), a governança local permitiu um pacto territorial coordenado por ações propostas por diferentes atores e pela reestruturação da gestão, com foco no aprimoramento do desenvolvimento local, seja ele econômico, social, ambiental ou político.

Entende-se que, para o sucesso da implantação de modelos de governança local, as democracias precisam exercitar a construção de consensos entre os governantes, os cidadãos e suas organizações, formulando políticas públicas que busquem soluções e resultados para problemas comuns.

A governança não é uma ação isolada da sociedade civil buscando maiores espaços de participação e influência. Na realidade, governança local é um exercício de desenvolvimento de ideias e práticas, que valorizam projetos e ações conjuntas entre estado e sociedade, capaz de tornar a gestão intersectorial uma realidade.

Monitoramento remoto

Em áreas urbanas, os estudos de soluções da engenharia hidráulica para drenagem estão diretamente relacionados aos estudos de distribuição de dados meteorológicos, já que a precipitação sob a forma de chuva e o escoamento superficial são consideradas as duas fases

do ciclo hidrológico fundamentais como medidas de disponibilidades hídricas, no estudo de cheias e das inundações (COSTA *et al.*, 2009).

Os eventos extremos de máxima em áreas urbanas provocam inundações, que resultam em grandes prejuízos materiais, sociais e de saúde pública, destroem bens móveis e imóveis, bem como deixam desabrigadas as populações e propiciam a disseminação de doenças. O problema, na maioria das vezes, está associado à falta de planejamento no contexto de bacias hidrográficas urbanas e periurbanas, em especial àquelas que apresentam histórico de ocupação desordenada (MENESCAL *et al.*, 2001).

No Brasil, o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), é o órgão responsável por realizar o monitoramento e emitir alertas de desastres naturais, que subsidiem salvar vidas e diminuir a vulnerabilidade social, ambiental e econômica decorrente desses eventos (BRASIL, 2019b).

O monitoramento é realizado a partir de dados advindos de radares meteorológicos, de plataformas para monitoramento de umidade de solo e de pluviômetros automáticos e semiautomáticos distribuídos nas comunidades em áreas de risco. Além disso, os dados customizados das redes telemétricas hidrometeorológicas permitem fazer previsões de curto e médio prazos, de modo a atender, assim, o Sistema Nacional de Monitoramento e Alertas (BRASIL, 2022).

A partir da troca de informações entre os ministérios e os governos federal, estadual e municipal, além de diversas instituições de pesquisa do país, é elaborado o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres, coordenado pela Casa Civil, que contempla 4 (quatro) eixos de atuação governamental na prevenção contra os desastres naturais: (a) mapeamento das áreas de risco; (b) estruturação de sistema de monitoramento e alerta; (c) obras estruturantes; e (d) fortalecimento dos órgãos de defesa civil e apoio a um melhor planejamento urbano capaz de evitar a ocupação de áreas de risco (BRASIL, 2019b).

Tendo em vista a necessidade do controle e do monitoramento das ações, das obras e das técnicas de gestão das águas pluviais, e a disponibilidade dos sistemas de posicionamento global por meio de aplicativos, *softwares* e plataformas digitais. O monitoramento remoto é um

instrumento e dispositivo de apoio fundamental para a coleta de dados e definição de critérios e parâmetros, que auxiliam na tomada de decisões.

Adequação jurídica

A partir da promulgação da Carta Magna de 1988, o Brasil adota o federalismo de terceiro grau como sistema de governo republicano, que garante ao município a autonomia político-administrativa por meio da Lei Orgânica Municipal, conforme previsto no artigo 29 da Constituição Federal (BRASIL, 1988).

Apesar de os municípios terem adquirido uma certa autonomia política, a própria Constituição Federal fixou algumas exigências a serem seguidas e respeitadas pelo legislador municipal, tornando a Lei Orgânica um importante instrumento para exigir do poder público o cumprimento de obrigações de interesse local em favor da população. Entre os avanços democráticos constitucionais, cita-se o inciso XIII, do artigo 29, que garante a participação popular na apresentação de projetos de lei de interesse específico do município, da cidade ou dos bairros, à Câmara Municipal, por meio da manifestação de, pelo menos, 5% (cinco por cento) do eleitorado municipal total (BRASIL, 1988).

Entende-se que a legislação urbano-ambiental vigente nos municípios – por meio das leis, dos decretos, das resoluções e das portarias, nas esferas federal, estadual e municipal – atende parcialmente às questões de gestão das águas pluviais na cidade, o que justifica uma legitimação jurídica capaz de tornar as propostas aqui sugeridas passíveis de aplicação na administração pública.

6.1. O recorte geográfico – a Ilha do Governador

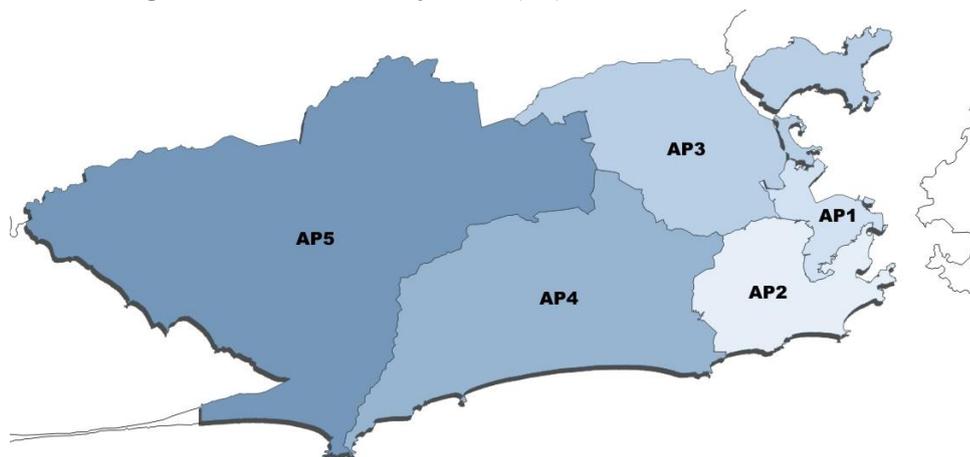
Conforme descrito na abordagem metodológica, a seleção da área de estudo, para a definição do recorte geográfico, se deu em 2 (duas) etapas:

(a) entre as Áreas de Planejamento (AP), com a escolha das 5 (cinco) regiões administrativas que mais representaram as características gerais de urbanização da cidade do Rio de Janeiro; e

(b) a partir de uma matriz de decisão, que permitiu cruzar dados e definir critérios de escolha entre as regiões previamente selecionadas.

A Figura 82 mostra a subdivisão das 5 (cinco) Áreas de Planejamento (AP) da cidade do Rio de Janeiro.

Figura 82 – Áreas de Planejamento (AP) da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2022.

Cada Área de Planejamento (AP) tem uma Gerência de Planejamento Local (GPL) com a atribuição de desenvolver estudos quanto à dinâmica das localidades do ponto de vista urbanístico, propor e articular soluções para os problemas locais, e monitorar sistematicamente a aplicação da legislação em vigor, com vistas à sua reformulação, quando necessária (RIO DE JANEIRO, 2022).

O Quadro 22 apresenta as áreas de abrangência e as regiões administrativas que compõem cada Área de Planejamento da cidade.

Quadro 22 – Áreas de Planejamento (AP) da cidade do Rio de Janeiro

Área de Planejamento	Área de Abrangência	Regiões Administrativas
AP 1	Centro e Paquetá	I – Portuária II – Centro III – Rio Comprido VII – São Cristóvão XXI – Ilha de Paquetá XXIII – Santa Teresa
AP 2	Tijuca e Zona Sul	IV – Botafogo V – Copacabana VI – Lagoa VIII – Tijuca IX – Vila Isabel XXVII – Rocinha
AP 3	Zona Norte	X – Ramos XI – Penha XII – Inhaúma XIII – Méier XIV – Irajá XV – Madureira XX – Ilha do Governador XXII – Anchieta XXV – Pavuna XXVIII – Jacarezinho XXIX – Complexo do Alemão XXX – Complexo da Maré XXXI – Vigário Geral
AP 4	Jacarepaguá e Barra da Tijuca	XVI – Jacarepaguá XXIV – Barra da Tijuca XXXIV – Cidade de Deus
AP 5	Zona Oeste	XVII – Bangu XVIII – Campo Grande XIX – Santa Cruz XXVI – Guaratiba XXXIII – Realengo

Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2022.

A primeira etapa resultou na escolha das cinco regiões administrativas que mais se assemelhavam às características gerais da cidade do Rio de Janeiro, conforme os parâmetros de relevo, hidrografia, densidade demográfica e população. Sendo assim, as cinco regiões administrativas selecionadas foram:

- XXIV Barra da Tijuca – bairros: Barra da Tijuca, Camorim, Grumari, Itanhangá, Joá, Recreio dos Bandeirantes, Vargem Pequena e Vargem Grande;
- XVI Jacarepaguá – bairros: Anil, Curicica, Freguesia de Jacarepaguá, Pechincha, Praça Seca, Tanque, Taquara e Vila Valqueire;
- XIX Santa Cruz – bairros: Paciência, Santa Cruz e Sepetiba;
- XXVI Guaratiba – bairros: Barra de Guaratiba, Guaratiba e Pedra de Guaratiba; e

- XX Ilha do Governador – bairros: Bancários, Cacuia, Cocotá, Freguesia da Ilha, Galeão, Jardim Carioca, Jardim Guanabara, Moneró, Pitangueiras, Praia da Bandeira, Ribeira, Tauá e Zumbi.

Na segunda etapa, a “matriz de decisão” mostrada no Quadro 23 serviu de instrumento de análise para a definição do recorte geográfico da cidade.

Quadro 23 – Matriz de decisão das regiões administrativas selecionadas na cidade do Rio de Janeiro

REGIÃO	CARACTERÍSTICAS	PESOS	TOTAL
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4
Barra da Tijuca	Relevo e hidrografia: complexo de lagoas costeiras, cercado de dunas e restingas com vegetação rasteira e remanescentes de Mata Atlântica acima de 100m de cota.	1	10
	População: 135.924 habitantes Área: 48,2 km ² Densidade demográfica: 2.820 habitantes/km ²	2	
	Densidade domiciliar: 2,66 habitantes/domicílio Urbanizados: 53% Não urbanizados: 47% Número de favelas: 6	2	
	Contexto histórico: região de alagadiços impróprias para cultivo doada a religiosos beneditinos em 1667 para a implantação de engenhos e vendidas para grandes proprietários de terra.	1	
	Desenvolvimento econômico: contempla grandes empresas oriundas da região central, motivadas pelo crescimento da construção civil e pela oferta de novos empreendimentos.	2	
	Índice Desenvolvimento Social (IDS): 0,770	1	
	Equipamentos públicos municipais: educação (18), saúde (12), cultura (1) e esporte & lazer (0)	1	
Jacarepaguá	Relevo e hidrografia: região de baixada com pântanos, rios e canais oriundos do complexo de montanhas cobertas por remanescentes de Mata Atlântica com cota acima de 100m.	3	14
	População: 157.326 habitantes Área: 75,8 km ² Densidade demográfica: 2.076 habitantes/km ²	2	
	Densidade domiciliar: 2,94 habitantes/domicílio Urbanizados: 25% Não urbanizados: 75% Número de favelas: 43	3	
	Contexto histórico: no séc. XVIII, ocorreu a divisão do vale em fazendas. No fim do séc. XIX, começou o processo de aterramento dos pântanos e a redivisão em chácaras até os anos 60.	1	
	Desenvolvimento econômico: rápida transição de bairro rural para bairro urbanizado na última década, permitindo melhorias pelo setor privado (comércio, serviços, etc.).	2	
	Índice Desenvolvimento Social (IDS): 0,554	2	
	Equipamentos públicos municipais: educação (31), saúde (19), cultura (2) e esporte & lazer (0)	1	
Santa Cruz	Relevo e hidrografia: terrenos planos com altitudes próximas ao nível do mar, litoral pouco recortado, baixada drenada por rios e canais retificados.	1	11
	População: 217.333 habitantes Área: 125 km ² Densidade demográfica: 1.739 habitantes/km ²	1	
	Densidade domiciliar: 3,28 habitantes/domicílio Urbanizados: 38% Não urbanizados: 62% Número de favelas: 26	1	
	Contexto histórico: região nomeada pelos jesuítas, de grande contexto histórico no I e II Reinado, tornou-se colônia agrícola japonesa nos anos 30.	2	
	Desenvolvimento econômico: contempla áreas rurais cultivadas, uma zona industrial importante para a cidade, e um comércio diversificado com significativo crescimento.	3	
	Índice Desenvolvimento Social (IDS): 0,527	2	
	Equipamentos públicos municipais: educação (18), saúde (16), cultura (1) e esporte & lazer (0)	1	

Guaratiba	Relevo e hidrografia: complexo de lagoas costeiras cercado de dunas e restingas com vegetação rasteira e remanescentes de Mata Atlântica acima de 100m de cota.	1	8
	População: 110.049 habitantes Área: 139,5 km ² Densidade demográfica: 789 habitantes/km ²	1	
	Densidade domiciliar: 3,27 habitantes/domicílio Urbanizados: 23% Não urbanizados: 77% Número de favelas: 47	1	
	Contexto histórico: região doada a religiosos em 1750, palco de desembarque de navios franceses após a invasão e com indícios de tráfico negreiro na Ilha de Marambaia.	2	
	Desenvolvimento econômico: região pouco desenvolvida, destacando-se pelo turismo, devido à sua interessante paisagem, e pela variedade de bares e restaurantes de frutos-do-mar.	1	
	Índice Desenvolvimento Social (IDS): 0,487	1	
	Equipamentos públicos municipais: educação (42), saúde (9), cultura (0) e esporte & lazer (0)	1	
Ilha do Governador	Relevo e hidrografia: região de peculiar localização na Baía de Guanabara com pequenas elevações e morros com cotas em torno de 100m. Praias e rios urbanos.	3	20
	População: 211.018 habitantes Área: 36,2 km ² Densidade demográfica: 5.740 habitantes/km ²	3	
	Densidade domiciliar: 2,89 habitantes/domicílio Urbanizados: 86% Não urbanizados: 14% Número de favelas: 31	3	
	Contexto histórico: descoberta em 1502, produtora e exportadora de cana-de-açúcar para a Europa. Importante no I e II Reinado, desenvolveu-se intensamente na República.	3	
	Desenvolvimento econômico: contempla comércio, serviços e indústria (de petróleo e gás), bem como estaleiros, atracadouros e um aeroporto internacional.	3	
	Índice Desenvolvimento Social (IDS): 0,633	3	
	Equipamentos públicos municipais: educação (82), saúde (14), cultura (1) e esporte & lazer (1)	2	

Fonte: O autor, 2021.

Apesar da subjetividade observada na determinação dos pesos dos parâmetros da “matriz de decisão”, a Região Administrativa XX – Ilha do Governador foi selecionada como a região que mais apresenta similaridades com a totalidade da cidade do Rio de Janeiro, e que serviu de recorte geográfico e área de estudo para esta tese.

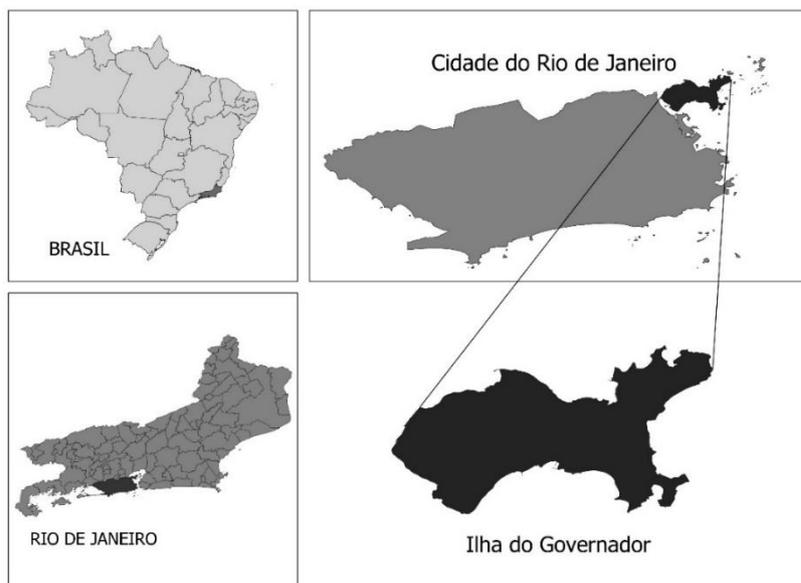
Além disso, o fato de o recorte geográfico estar inteiramente situado em uma ilha foi fundamental para a definição da área de estudo, devido à facilidade na verificação dos limites físicos de observação, bem como a identificação de uma área de preservação ambiental bem caracterizada: a APARU do Jequiá.

6.1.1. Caracterização da área de estudo

A Ilha do Governador foi selecionada como o recorte adequado para servir de modelo de proposta de gestão das águas pluviais deste estudo, por conta da similaridade de suas características (geográficas, históricas e administrativas) com a diversidade das demais regiões da cidade do Rio de Janeiro.

A Ilha do Governador é uma ilha de coordenadas 22°48'15,372" sul e 43°12'21,924" oeste, com aproximadamente 36,2 km², localizada no lado ocidental da Baía de Guanabara, no estado do Rio de Janeiro, como parte da zona norte (AP 3) da cidade do Rio de Janeiro, conforme Figura 83.

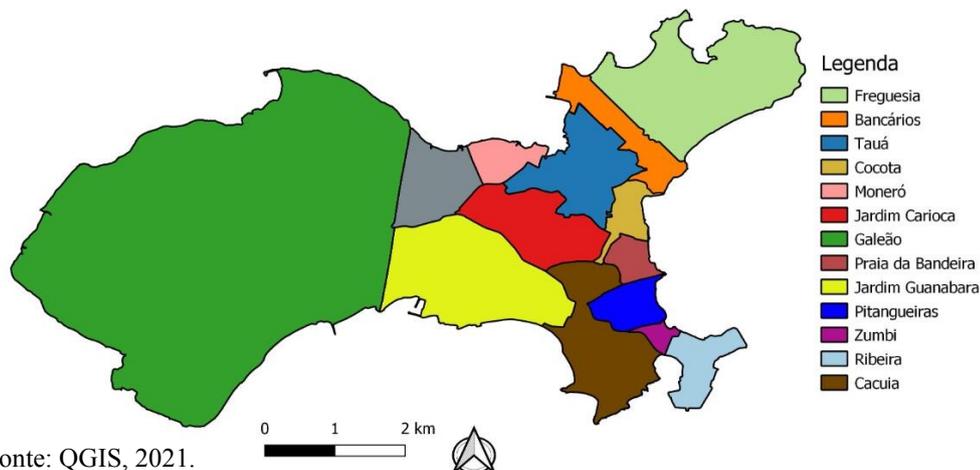
Figura 83 – Ilha do Governador



Fonte: QGIS, 2021.

A Ilha do Governador era um bairro único no Rio de Janeiro até a publicação do Decreto Municipal nº 3.157 de 23 de julho de 1981, que a subdividiu nos 14 (quatorze) bairros atuais: Bancários, Cacuia, Cocotá, Freguesia, Galeão, Jardim Carioca, Jardim Guanabara, Moneró, Pitangueiras, Portuguesa, Praia da Bandeira, Ribeira, Tauá e Zumbi (Figura 84).

Figura 84 – Mapa digital da Ilha do Governador



Fonte: QGIS, 2021.

Contexto histórico

A história da Baía de Guanabara está diretamente ligada à história da cidade do Rio de Janeiro, do Brasil e de Portugal. Neste mesmo contexto, a Ilha do Governador foi testemunha, por sua condição geográfica, dos principais eventos da cidade e do país, preservando a sua própria história distinta e peculiar.

A história de ocupação da Ilha do Governador tem início antes da chegada dos colonizadores portugueses em 1502, quando a ilha ainda era denominada de ilha de Paranapuã⁶¹ ou de Maracajá⁶², e servia de território da tribo dos índios Temiminós, sob o comando do Cacique Maracajá-Guaçu, pai do futuro Arariboia (IPANEMA, 1993).

Ipanema (1991) descreve que o oficial da marinha francesa Nicolas Durand de Villegaignon desembarcou no Rio de Janeiro em 1555 com a pretensão de estabelecer no Brasil uma colônia francesa, denominada França Antártica, e impedir a expansão lusitana no Brasil, aliando-se com os índios Tamoios, que haviam vencido os Temiminós em um sangrento combate nos anos anteriores.

Em 5 de setembro de 1567, a ilha foi dividida em duas sesmarias e passou a ser chamada de Ilha do Governador, em referência à doação da maior sesmaria ao então donatário e governador da Capitania de São Sebastião do Rio de Janeiro Salvador Corrêa de Sá, que mandou construir em sua propriedade um engenho de cana-de-açúcar, dando início à primeira produção de açúcar do Rio de Janeiro (AMADOR, 1992).

Segundo Amador (1992), com a chegada da corte portuguesa ao Brasil em 1808, a Ilha do Governador passa a funcionar como um centro de abastecimento da nova capital e, em 1811, o Príncipe-Regente D. João VI aprova um decreto real criando na área dos beneditinos a Coutada Real, que é uma espécie de reserva natural destinada à caça.

A industrialização da Ilha do Governador teve início a partir da década de 1870 quando o Barão de Capanema, amigo de D. Pedro II, implanta a Fábrica do Formicida Capanema, com

⁶¹ Palavra em tupi-guarani que pode significar literalmente: “rio grande ou mar redondo” (*paraná + apuã*) ou “o que é erguido do mar (colina ou morro)” (*paraná + apuã*).

⁶² Em alusão à grande quantidade de gatos-maracajá ou simplesmente maracajás (*Leopardus wiedii*), que é um felino nativo da América do Sul.

o objetivo de combater a praga de formigas saúvas que prejudicava o cultivo na região; bem como a criação de um jardim botânico local (AMADOR, 1992)

A primeira metade do século XX foi considerada o marco do desenvolvimento da Ilha do Governador, devido às obras de infraestrutura ali implantadas, como: a montagem da Estação Rádio Telegráfica da Ilha do Governador (1915), a construção da ponte de atracação do Jardim Guanabara e da Ribeira (1922), a construção da Base Aérea do Galeão (1923), a inauguração da linha de bondes elétricos para a Ribeira (1935) e a inauguração da ponte do Galeão (1949) (IPANEMA, 1993).

A partir da década de 1960, com a implantação do aeroporto internacional do Rio de Janeiro – Galeão – Antônio Carlos Jobim, ocorreu uma modificação violenta na ilha, com: a criação da praia artificial do Cocotá e do Parque Manuel Bandeira, a construção da segunda ponte (1980), a construção da Linha Vermelha (1990) e a construção da terceira ponte para a implantação do BRT Transcarioca⁶³ em 2016 (RIO DE JANEIRO, 2021e).

A Ilha do Governador reúne, em escala menor, tudo o que a cidade do Rio de Janeiro possui: topografia variada, população representativa das diversas camadas sociais, bairros com características urbanísticas e arquitetônicas diferenciadas, comércio diversificado e independente, áreas de lazer, gastronomia variada, reservas ecológicas e grandes espaços ocupados por instalações industriais e militares.

Relevo

A Ilha do Governador é a mais extensa de um grupo de aproximadamente 100 ilhas da Baía de Guanabara, com uma área inicial de aproximadamente 36,7 km². A região sofreu uma série de aterros, com alteração em suas dimensões para cerca de 40,0 km², cujo valor tem sido adotado até então pelos órgãos públicos (IPANEMA, 1991).

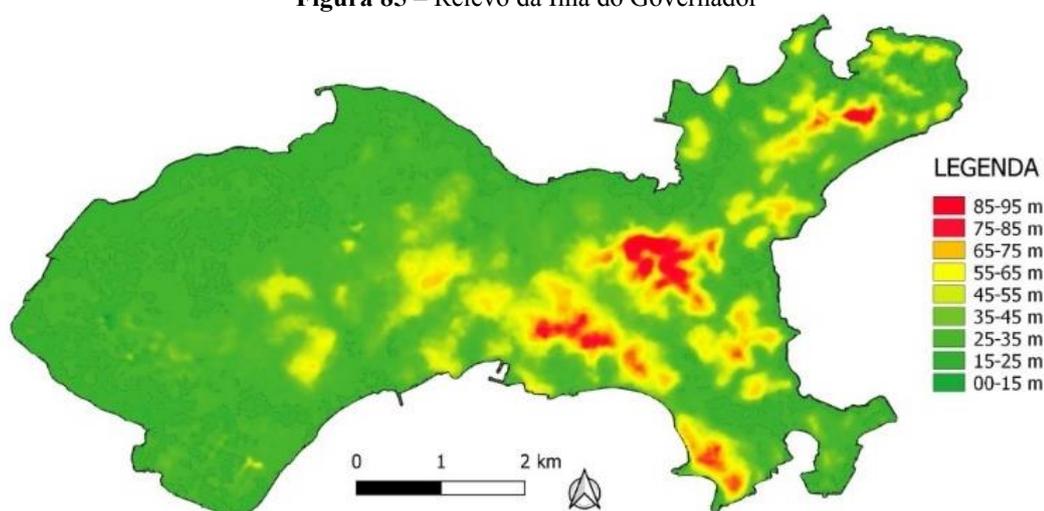
Em termos geomorfológicos, a Ilha do Governador apresenta três características principais: as colinas, o litoral e os aterros. A execução dos aterros se deu motivada pela

⁶³ Denominação em inglês de “*bus rapid transit*” ou “trânsito rápido de ônibus”, que compreende um sistema de vias expressas exclusivas para transporte coletivo por meio de ônibus articulados.

construção do aeroporto e das ocupações irregulares de solo, que alteraram os ambientes naturais e modificaram o contorno primitivo da ilha (RUSSO, 1997).

As colinas da ilha estão localizadas na sua parte central e constituem níveis de altitude moderados, com máxima de 94,0 m no morro do Dendê, no bairro de Jardim Carioca e encostas suaves, estendendo-se a leste até às praias. Aparentemente de camadas unicamente sedimentares, as colinas apresentam rochas de constituição diversas, como: granitos, gnaisses bastante decompostos e rochas sedimentares estratificadas, com formas de relevo bastante diferentes, conforme observado na Figura 85 (AMADOR, 1992).

Figura 85 – Relevo da Ilha do Governador



Fonte: *Topographic-Map*, 2021.

Clima e vegetação

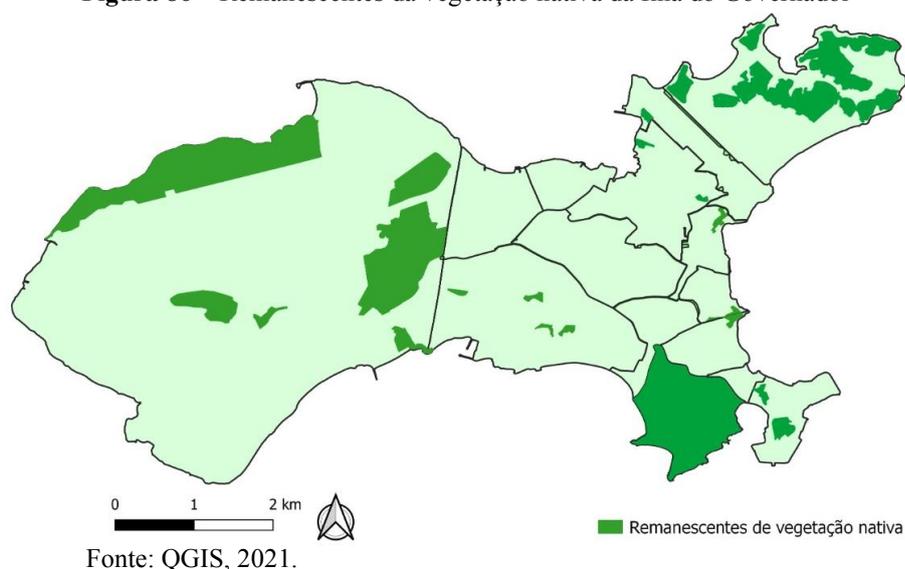
Quanto à caracterização climática regional, a Ilha do Governador se enquadra dentro da zona de clima tropical úmido, com duas estações bem definidas: verão úmido e inverno seco, de caráter transicional em uma região de conflito entre os sistemas polares e intertropicais (FIALHO e BRANDÃO, 2000).

Devido a sua localização na baía, a Ilha do Governador conta com ventilação e clima mais ameno nos dias mais quentes de verão. Entretanto, essa localização representa um risco quando se trata de tempestades, já que toda a área fica exposta às chuvas e vendavais (RIO DE JANEIRO, 2009a).

A vegetação nativa da Ilha do Governador era composta de vegetação de floresta (Mata Atlântica), de grandes manguezais e terrenos brejosos e de vegetação de restinga. A maciça perda de cobertura vegetal e o baixo percentual de vegetação nativa existente atualmente é um resultado direto da ação antrópica, e que contribuiu para uma modificação do microclima local (AMADOR, 1997).

A vegetação atual é caracterizada pela recomposição de espécies nativas da Mata Atlântica nas áreas militares da Aeronáutica e da Marinha; pela recomposição e preservação do ecossistema de manguezal na Área de Proteção Ambiental e Recuperação Urbana do Rio Jequiá (APARU do Jequiá) (Figura 86); e na intensa arborização dos bairros do Jardim Guanabara, Bancários, Freguesia e Bananal (RIO DE JANEIRO, 2009a).

Figura 86 – Remanescentes da vegetação nativa da Ilha do Governador



Hidrografia

A Ilha do Governador tem o seu território completamente inserido na Região Hidrográfica V (RH V) – Baía de Guanabara, conforme a Resolução CERHI-RJ nº 18 publicada em Diário Oficial de 15 de fevereiro de 2007, com abrangência nas bacias e microbacias hidrográficas da região.

A hidrografia local é composta pelas praias: do Galeão, de São Bento, do Belo Jardim, do Engenho Velho, da Bica, do Golfinho, Brava, do Alentejo, da Ribeira, da Engenhoca, das Pitangueiras, da Bandeira, da Ostra, de Cocotá, Congonhas do Campo, da Guanabara, da Moça,

Grande, das Pelônias, da Rosa, do Dendê, dos Gregos, de Tubiacanga, de Itacolomi e do Zumbi; pelos canais de drenagem: Ilha das Enxadas, Pio Dutra, da Freguesia, 20 de Janeiro e da Portuguesa; e pela bacia do rio Jequiá (IPANEMA, 1993).

Densidade demográfica e domiciliar

A Tabela 3 apresenta a análise censitária da Ilha do Governador, descrevendo a população, a área total, a porcentagem de área urbanizada (U) e não urbanizada (NU), os resultados do cálculo das densidades demográfica e domiciliar, o número de favelas, bem como o índice de desenvolvimento social de cada bairro do recorte geográfico.

Tabela 3 – Análise censitária da Ilha do Governador por bairros

Bairros	População (habitantes)	Área (ha)	U ^a (%)	NU ^b (%)	Densidade Demográfica (hab./km ²)	Densidade Domiciliar (hab./dom.)	Número de Favelas	IDS ^c
Bancários	12.512	97,80	95	5	12.793,46	3,06	4	0,600
Cacuiá	11.013	206,87	47	53	5.323,63	2,91	3	0,602
Cocotá	4.877	49,01	94	6	9.951,03	2,81	2	0,655
Freguesia	19.437	405,64	57	43	4.791,69	2,95	6	0,610
Galeão	22.971	1.895,74	64	36	1.211,72	3,11	5	0,571
Jardim Carioca	24.848	162,11	99	1	15.327,86	2,93	2	0,610
Jardim Guanabara	32.213	320,59	94	6	10.048,04	2,85	1	0,720
Moneró	6.476	52,06	96	4	12.439,49	2,70	0	0,687
Pitangueiras	11.756	60,41	89	11	19.460,35	2,99	1	0,589
Portuguesa	23.856	118,64	99	1	20.107,89	2,87	1	0,635
Praia da Bandeira	5.948	37,94	91	9	15.677,39	2,79	0	0,648
Ribeira	3.528	86,19	85	15	4.093,28	2,74	0	0,672
Tauá	29.567	167,25	98	2	17.678,33	3,00	6	0,589
Zumbi	2.016	16,11	97	3	12.513,97	2,76	0	0,676
ILHA DO GOVERNADOR	211.018	3.676,36	86	14	5.739,86	2,89	31	0,633

^a U – área urbanizada

^b NU – área não urbanizada

^c IDS – Índice de Desenvolvimento Social

Fonte: “Análise quantitativa das densidades construídas em regiões da cidade do Rio de Janeiro” (RIO DE JANEIRO, 2016a).

O estudo das densidades não configura benefícios ou malefícios na qualidade urbana. No entanto, no caso do Rio de Janeiro, a comparação das densidades brutas médias e baixas de grande parte do território com outros aspectos específicos interferirá no planejamento e desenvolvimento urbano da cidade, a partir da evolução de aspectos, como: morfologia urbana,

mobilidade urbana, desenvolvimento sustentável, regulação sobre fatores construtivos e infraestrutura mínima necessária para qualidade de vida (RIO DE JANEIRO, 2016a).

O Índice de Desenvolvimento Social (IDS) da cidade do Rio de Janeiro foi inspirado no conhecido modelo do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), calculado pela ONU para inúmeros países do mundo, e tem por finalidade definir o grau de desenvolvimento social de uma determinada área geográfica em comparação com outras de mesma natureza (RIO DE JANEIRO, 2008)

Desenvolvimento econômico

Comércio – a Ilha do Governador possui um comércio variado, que compreende: as lojas populares e as feirinhas tradicionais das ruas dos bairros Cacuia e Cocotá; as lojas voltadas para a classe média ao longo da Estrada do Galeão; as lojas de grife para o público do Jardim Guanabara e no Shopping Ilha Plaza; e a grande concentração dos supermercados. A ampliação da economia com a implantação de escritórios e consultórios na região é contida pela limitação do gabarito das construções em três pavimentos, por conta da proximidade com o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro e do controle demográfico.

Indústria – a tradição industrial da Ilha do Governador remonta à época colonial por meio da produção manufatureira e se amplia a partir do séc. XIX quando se iniciou a fabricação de produtos cerâmicos, telhas e tijolos na praia da Olaria, cujo reforço se deu pela inauguração da Fábrica de Produtos Cerâmicos Santa Cruz em 1873. No século XX, o estaleiro Transnave instalou-se na Ribeira e, posteriormente, o Eisa na praia da Rosa, na fabricação de embarcações de grande porte. Destaca-se ainda a presença dos complexos industriais de petróleo, promovendo a produção, o armazenamento e a distribuição, tais como: a Petrobrás S.A.; a Shell, na Ribeira; e a Exxon, no Zumbi.

Serviços – a Ilha do Governador conta com: o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, um Grupamento do Corpo de Bombeiros Militar (19º GBM), uma Delegacia de Polícia Civil (37ª DP), um Batalhão da Polícia Militar (17º BPM), a 12ª Inspetoria da Guarda Municipal, um Fórum Regional da Comarca da Capital, um Cartório de Registro Civil e diversos Cartórios de Notas, uma Subseção da Ordem dos Advogados do Brasil, um Núcleo da

Defensoria Pública e agências de correios. O governo municipal se faz presente pelos equipamentos de educação (82), saúde (14), cultura (1), esporte e lazer (1); bem como pelos escritórios da Divisão de Conservação e Obras, do Departamento de Fiscalização e Edificações e de uma gerência da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB).

6.1.2. Os alagamentos da Ilha do Governador

A Ilha do Governador tem sido palco de diversos problemas de drenagem pública como acontece em outros bairros da cidade do Rio de Janeiro. As características do regime de chuvas da região e a localização geográfica da ilha poderiam ser justificativas para os alagamentos e as enchentes ali presenciadas.

Entretanto, ao se investigar as razões destes alagamentos, é importante verificar as inúmeras variáveis que contribuem para que o sistema de drenagem local não atenda ao volume de chuva padrão para a área, bem como não atenda aos possíveis eventos extraordinários que possam ali ocorrer.

Os relatos de alagamentos na Ilha do Governador são facilmente encontrados após uma chuva intensa, dentro ou fora do período de verão, por meio das diversas chamadas da defesa civil do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro, bem como nas manchetes das reportagens dos jornais locais sobre as consequências dos temporais, como ocorrido na edição do Jornal Diário do Rio, de 19 de fevereiro de 2016, conforme relato a seguir:

“É alarmante os casos de alagamentos em logradouros públicos da Ilha do Governador em decorrência das chuvas dos últimos meses. Esse fato entrou na rotina dos insulanos a cada gota – praticamente – que cai do céu. Além dos exemplos históricos, como a Estrada da Bica e trechos da Estrada do Galeão, novas ruas entraram no quadro de atenção, ligando o sinal de alerta para o poder público municipal. Ao que se sabe, através de denúncias de moradores e registros fotográficos a cada temporal, é que os elementos promotores desses estragos poderiam, muitas vezes, ser minimizados, prevenindo os transtornos causados junto à população (MARCHIONE, 2016).”

A maioria dos relatos dos moradores e dos pronunciamentos oficiais das organizações não governamentais da Ilha do Governador considera que a questão das águas das chuvas depende diretamente de uma solução proposta pelo governo municipal. A sociedade civil organizada confere o *status* de complexo para os problemas das chuvas e requer,

emergencialmente, às autoridades a execução de um plano de metas de intervenção na infraestrutura da rede de drenagem local, a fim de se modernizar e adequar à conjuntura social da região (MARCHIONE, 2016).

Por outro lado, existe uma demanda relacionada à manutenção e limpeza do sistema de drenagem existente, bem como à adequação do planejamento urbano às condições climáticas locais, a fim de se evitar um colapso na rede e ampliar a capacidade de absorção da água da chuva no solo, bem como da retenção nas edificações existentes, com soluções que valorizem a sustentabilidade ambiental, de modo a evitar desastres de natureza climática ou hidrológica, conforme observado na Figura 87.

Figura 87 – Consequências das enchentes e alagamentos na Ilha do Governador



Fonte: Jornal Diário do Rio, 2016.

Termos como “catástrofe ambiental” ou “caos urbano” têm sido citados após um evento de chuvas intensas na Ilha do Governador. O cenário pós-chuva evidencia os pontos críticos de ruas alagadas nas seguintes regiões: praia da Guanabara e rua Pio Dutra, na Freguesia; praia da Bica, no Jardim Guanabara; estrada do Galeão, em diversos trechos; estrada do rio Jequiá e ruas

Arriba e Ipiaba, na Cacuia; avenida Coronel Luiz Oliveira Sampaio e ruas Érico Coelho e Professor Hilarião da Rocha, no Tauá; rua Max Yantock e avenidas das Enxadas e Doutor Agenor de Almeida Loyola, no Bancários; e ruas Maciel Monteiro e Capitão Barbosa, na Praia da Bandeira.

6.1.3. A infraestrutura de drenagem da Ilha do Governador

A infraestrutura do sistema de drenagem da Ilha do Governador está a cargo da Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro (Rio-Águas), como o órgão técnico de referência no manejo de águas pluviais das bacias hidrográficas urbanas da cidade, tendo como competências planejar, gerenciar e supervisionar ações preventivas e corretivas contra enchentes.

A Rio-Águas atua na elaboração de estudos e projetos, e na execução de obras de drenagem para mitigar enchentes e alagamentos na cidade; no licenciamento de obras particulares de drenagem; e na manutenção e conservação dos cursos d'água, onde são conectados a maioria dos pontos de deságue das águas pluviais do município (RIO DE JANEIRO, 2021).

A questão do abastecimento de água e do esgotamento sanitário da Ilha do Governador influencia diretamente o sistema de drenagem, tendo em vista a existência de ligações clandestinas de redes de esgoto particulares – de áreas urbanizadas e não urbanizadas – na rede de drenagem local. Essas ligações clandestinas de esgoto poluem a Baía de Guanabara causando as chamadas “línguas negras” nas areias das praias (RIO DE JANEIRO, 2021).

A concessão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário para a cidade do Rio de Janeiro é da empresa Águas do Rio, desde 1º novembro de 2021, em substituição à Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), sob a responsabilidade do Governo do Estado do Rio de Janeiro e do Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

Uma parceria entre o Governo do Estado do Rio de Janeiro e a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro permitiu a implantação do Programa Sena Limpa em 2012, no intuito de realizar intervenções para eliminar os lançamentos indevidos de esgotos nas galerias de águas pluviais,

no sentido de promover o saneamento ambiental e melhorar a balneabilidade das águas das praias envolvidas, com destino final adequado aos esgotos coletados.

As intervenções do Programa Sena Limpa se deram em duas etapas, conforme a previsão do INEA, a saber: na praia da Guanabara e na praia da Bica. A primeira intervenção ocorreu na praia da Guanabara, no bairro da Freguesia, onde ocorreu uma revitalização da orla com as modificações: rua com nova pavimentação, passeio público com novo calçamento e quiosques com banheiros acessíveis a portadores de necessidades especiais, nova iluminação pública e reconstrução das redes de drenagem e de esgotamento sanitário; como observado na Figura 88 (CEDAE, 2021).

Figura 88 – Intervenções do Programa Sena Limpa na praia da Guanabara, Ilha do Governador



(a)

(b)

Legenda:

- (a) Recuperação da orla e dos quiosques e reconstrução das redes de drenagem e esgotamento sanitário.
- (b) Construção da galeria de captação de águas pluviais (cinturão) de modo a extinguir a língua negra.

Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2019.

Os investimentos nas intervenções na praia de Bica foram em torno de R\$ 26 milhões, provenientes do Fundo Estadual de Conservação Ambiental e Desenvolvimento Urbano (FECAM), utilizados em obras para despoluir a praia e melhorar sua balneabilidade, propiciando a extinção da histórica “língua negra” daquela praia, por meio da construção de uma galeria de cintura para interceptar deságues ao longo da orla, de forma a mitigar a poluição na areia da praia, conforme Figura 89 (RIO DE JANEIRO, 2013).

Figura 89 – Intervenções do Programa Sena Limpa na praia da Bica, Ilha do Governador



Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2022.

6.2. Ativos Potenciais

Conforme tratado anteriormente, o termo “ativo potencial” ganha sentido quando se contrapõe ao “passivo ambiental”, e pode ser aplicado nos modelos de gestão sob o conceito do desenho e o do desenvolvimento urbano de baixo impacto, a fim de identificar os espaços de aproveitamento para a implantação de técnicas de gestão alternativas e sustentáveis, na área do recorte geográfico (RIBEIRO e MARTINS, 1993).

Diante disso, e com base na lista de ativos ambientais em potencial na infraestrutura verde, mostrada no Quadro 7 do item 4.4 desta tese, para cada ativo potencial localizado nos bairros da Ilha do Governador foi sugerida uma proposta de modelo como Solução baseada na Natureza (SbN) a ser implantada como dispositivo de gestão das águas pluviais.

Para fins de exemplificação, a Figura 90 identifica um ativo ambiental potencial existente no cruzamento da rua Brigadeiro Newton Braga com a rua Professor Silva Campos, no bairro da Freguesia da Ilha do Governador, onde se pode observar uma área livre (largo) sujeita a alagamentos em eventos de chuva, por conta da baixa cota topográfica.

Figura 90 – Cruzamentos das ruas Brigadeiro Newton Braga e Professor Silva Campos



Fonte: *Google Earth*, 2021.

Após a identificação da área como um ativo ambiental em potencial de infraestrutura verde, sugere-se a implantação de uma área verde pública, com dispositivos do tipo: biovaletas, jardins de chuva e pavimentação permeável, bem como a adequação do urbanismo com

ciclovias e vagas de automóveis, e a modernização do sistema de drenagem, de modo a proporcionar uma função social ao espaço antes vazio (Figura 91).

Figura 91 – Proposta de solução sustentável para drenagem urbana



Fonte: Adaptado do projeto elaborado pelo arquiteto Manoel Eduardo Fischer, 2020.

O projeto desenvolvido pela equipe técnica atendeu especificamente ao ativo potencial anteriormente identificado, e sugeriu as técnicas sustentáveis: execução do passeio público (calçada) com concreto poroso, implantação de ciclovia com asfalto semipermeável, pavimentação das vagas de estacionamento com blocos de concreto vazados (concregrama), utilização de piso drenante e jardins de chuva nas praças públicas, e pavimentação das ruas com paralelepípedo (FISCHER, 2020).

Tendo em vista, que um dos objetivos desta tese é apresentar uma proposta de gestão de águas pluviais para a cidade do Rio de Janeiro, o desenvolvimento de modelos exclusivos para cada ativo potencial aqui identificado não cabe neste estudo. Entretanto, nos próximos itens, serão apresentadas sugestões de SbN e técnicas de LIUDD, a partir de modelos das cidades

descritas no Capítulo 4, para os 14 (quatorze) bairros da Ilha do Governador, que poderão servir de modelos e diretrizes para o restante da cidade.

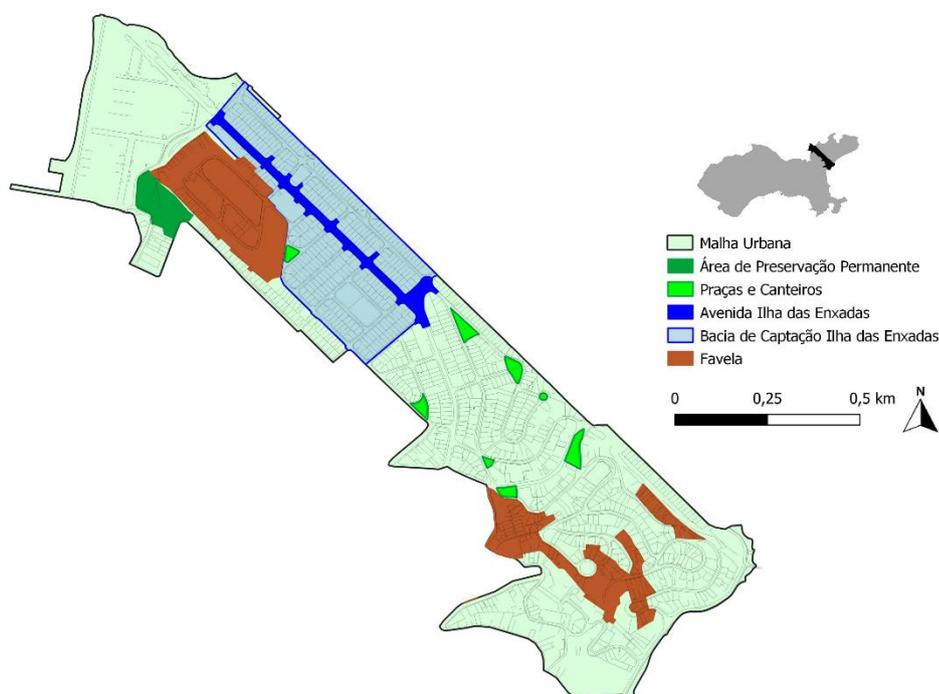
6.2.1. Bancários

O bairro Bancários da Ilha do Governador é um bairro de classe média, e já foi conhecido como Jardim Duas Praias, por ser delimitado aos extremos pela praia dos Bancários e pela praia Congonhas do Campo, também conhecida como praia do Barão, com limites aos bairros de Tauá, Cocotá e Freguesia.

A denominação dos Bancários, como geralmente é conhecido, se originou a partir da construção do conjunto habitacional na região pelo antigo Instituto de Aposentadoria e Pensões dos Bancários (IAPB), nas décadas de 1940-1950. A delimitação e a codificação do bairro estão estabelecidas pelo Decreto Municipal n.º 3.158 de 23 de julho de 1981, com alterações do Decreto Municipal n.º 5.280 de 23 de agosto de 1985.

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro dos Bancários está definido na Figura 92, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas e o volume potencial de captação de água dispostas no Quadro 24.

Figura 92 – Ativos potenciais do bairro dos Bancários, Ilha do Governador



Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 24 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas dos Bancários

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	Volume (m ³) ^c	(%) ^d
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	15.211,64	-	1,47%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	12.416,04	-	1,20%
Bacia de Captação Ilha das Enxadas	SbN (Soluções baseadas na Natureza): bacia de acumulação, amortecimento ou retenção, telhados sustentáveis ^e (telhados verdes e azuis), pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, revegetação e limpeza do córrego urbano	191.713,28	60.498,95	18,54%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana ⁶⁴	137.682,38	-	13,32%
TOTAL		357.023,34	60.498,95	34,53%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

^c Potencial de captação de água da chuva em m³ (metros cúbicos).

^d Porcentagem em relação à área total do bairro Bancários (1.033.959,74 m²).

^e Cálculo da área do telhado verde a partir da projeção dos telhados no lote em m² (metros quadrados).

Fonte: DATA RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

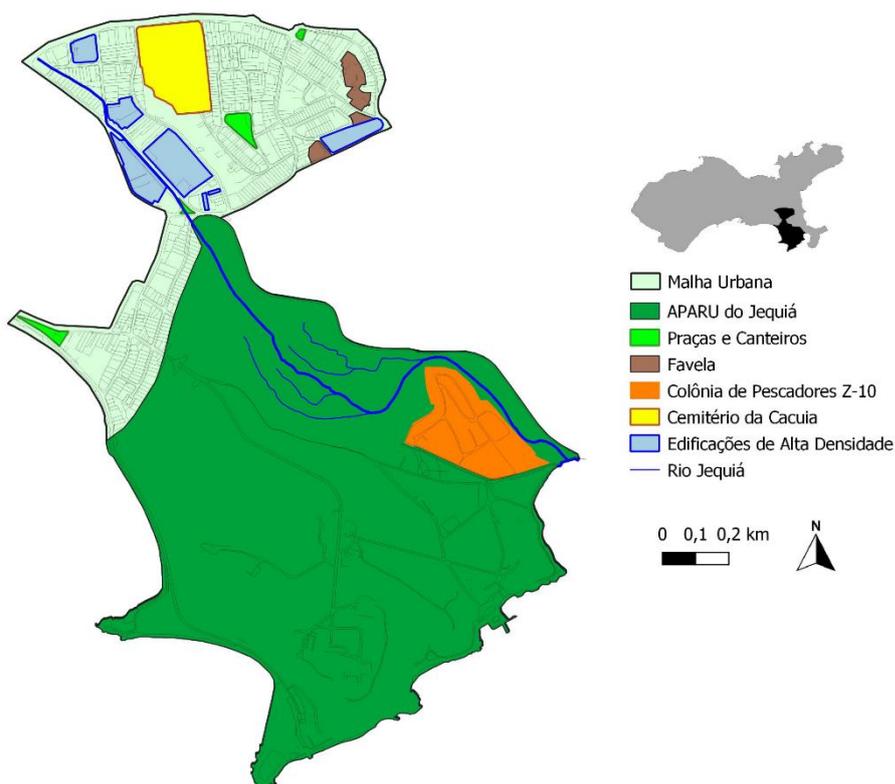
⁶⁴ Permacultura é uma expressão originada do inglês “*Permanent Agriculture*” por Bill Mollison e David Holmgren na década de 70 do séc. XX, que passou a ser compreendida como “**Cultura Permanente**”, já que abrange uma ampla gama de conhecimentos oriundos de diversas áreas científicas, além da agricultura, como: a ecologia, a leitura da paisagem, o reconhecimento de padrões naturais, o uso de energias e o bem manejar os recursos naturais, com o intuito de planejar e criar ambientes humanos sustentáveis e produtivos em equilíbrio e harmonia com a natureza (HOLMGREN, 2002). Atualmente, a permacultura é considerada uma ciência holística e de cunho socioambiental, que congrega o saber científico com o tradicional popular, com vistas à permanência da espécie humana na Terra (UFSC, 2022). A permacultura possui três éticas: cuidar da terra, cuidar das pessoas e cuidar do futuro; bem como alguns princípios de planejamento baseados na observação da ecologia, na forma sustentável de interação, na produção e na vida das populações tradicionais com a natureza (NANNI e NÓR, 2019). A permacultura urbana é o aproveitamento de recursos naturais em harmonia com a natureza para a produção de sistemas agrícolas permanentes integrados aos ecossistemas locais e ao meio urbano. As técnicas de permacultura não têm foco exclusivo na agricultura, já que podem ser aplicadas também em jardins comunitários, plantações coletivas, entre outros sistemas sustentáveis. A permacultura urbana deve ser interpretada como algo interdisciplinar, já que é preciso envolver múltiplos conhecimentos, da ecologia até a arquitetura, de modo a realçar uma visão do todo a fim de lograr êxito (HOLMGREN, 2013).

6.2.2. Cacuia

O bairro da Cacuia, na Ilha do Governador, possui um ativo potencial de grande importância para a cidade do Rio de Janeiro, intitulado Área de Proteção Ambiental e Recuperação Urbana (APARU) do Jequiá, que compreende a bacia hidrográfica urbana do rio Jequiá e o manguezal da sua foz, bem como a Colônia de Pescadores Z-10, cujas características serão tratadas no item 6.2.16 desta tese.

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro da Cacuia está definido na Figura 93, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 25.

Figura 93 – Ativos potenciais do bairro da Cacuia, Ilha do Governador



Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 25 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Cacua

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^d
APARU do Jequiá	A ser tratada no item 6.4.16	1.424.882,43	69,90%
Colônia de Pescadores Z-10	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	78.533,71	3,85%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	10.270,76	0,50%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	60.128,46	2,95%
Cemitério da Cacua	Infraestrutura verde	53.139,63	2,61%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	14.725,94	0,72%
TOTAL		1.641.680,93	80,53%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

^c Cálculo da área do telhado verde a partir da projeção dos telhados no lote em m² (metros quadrados).

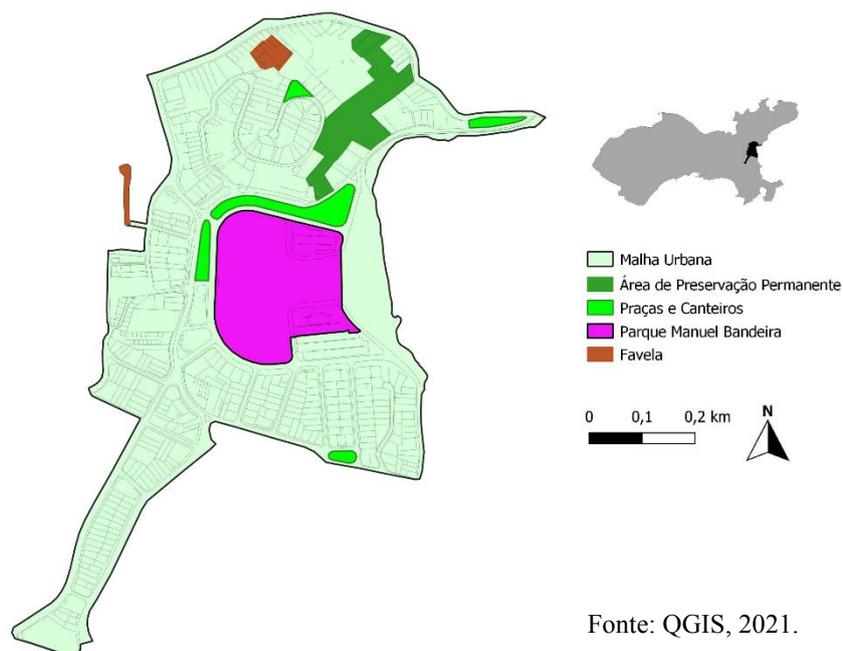
^d Porcentagem em relação à área total do bairro Cacua (2.038.512,02 m²).

Fonte: DATA.RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.2.3. Cocotá

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro do Cocotá, na Ilha do Governador, está definido na Figura 94, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 26.

Figura 94 – Ativos potenciais do bairro do Cocotá, Ilha do Governador



Quadro 26 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Cocotá

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^c
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	22.073,19	4,46%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	14.409,17	2,91%
Parque Manuel Bandeira	Dispositivos de microdetenção, paisagismo de alto desempenho, adaptação de áreas de estacionamento para controle de águas pluviais, arborização sustentável	63.146,47	12,77%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	4.540,74	0,92%
TOTAL		104.169,57	21,07%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

^c Porcentagem em relação à área total do bairro Cocotá (494.451,02 m²).

Fonte: DATA.RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

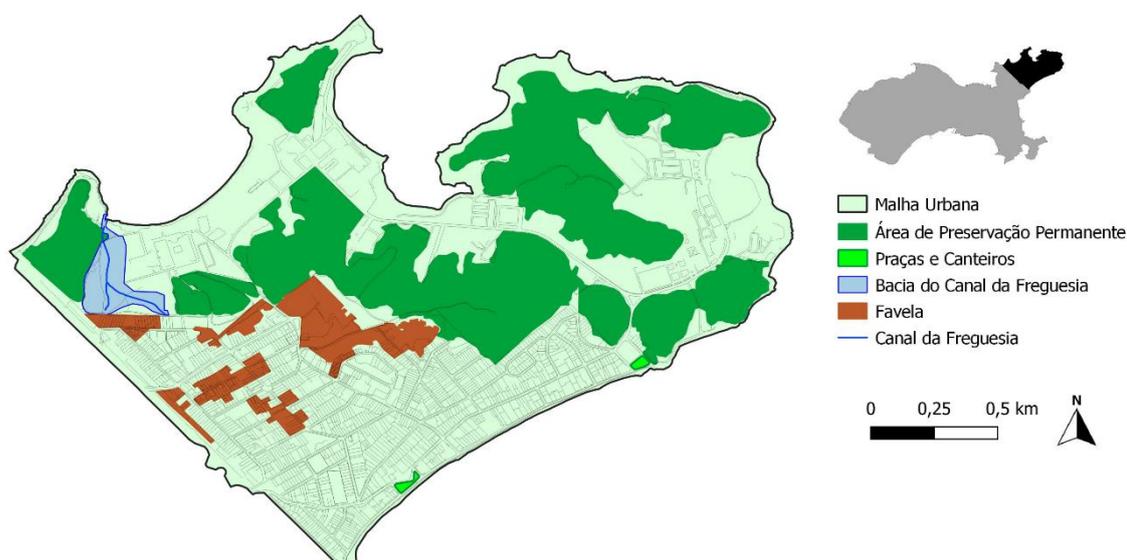
6.2.4. Freguesia

A Freguesia da Ilha do Governador é um bairro de classe média, que possui uma excelente infraestrutura de comércio: restaurantes, padaria, lanchonetes, barbearia, farmácias, cabeleireiros, *pet shops*, bares, etc. O bairro possui duas praias: a praia da Guanabara e a praia do Bananal, urbanizadas com diversos quiosques e moderna iluminação.

Em 1937, uma estátua de um grande felino Maracajá esculpida por João Zaco Paraná, olhando fixamente para a direção do mar, foi instalada na antiga Pedra dos Amores, no final da orla da praia. Na parte norte do bairro da Freguesia, ocupando 55% da área total e cercada por áreas verdes, situa-se a área militar naval, conhecida como “Campo da Ilha”, abrigando três batalhões do Corpo de Fuzileiros Navais: Humaitá, Riachuelo e Paissandu, ali instalados desde 1948 (IPANEMA, 1993).

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro da Freguesia, na Ilha do Governador, está definido na Figura 95, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 27.

Figura 95 – Ativos potenciais do bairro da Freguesia, Ilha do Governador



Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 27 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Freguesia

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^c
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	1.199.096,88	32,68%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	4.956,09	0,14%
Bacia do Canal da Freguesia	Revegetação das margens do canal e manutenção da área preservada	58.479,97	1,59%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	189.076,41	5,15%
Canal da Freguesia	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	-	
TOTAL		1.451.609,35	39,56%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

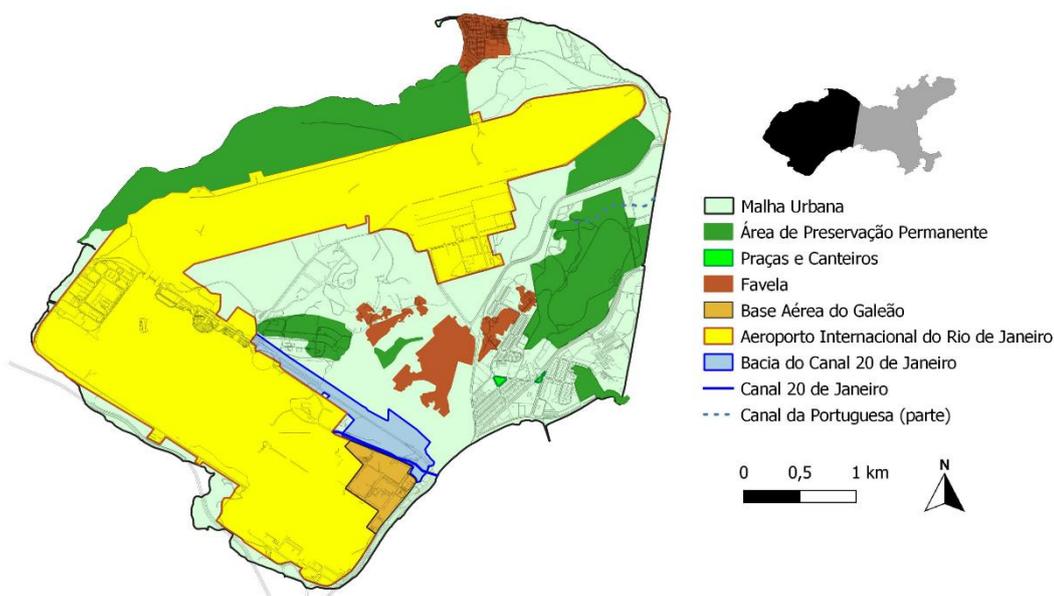
^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

^c Porcentagem em relação à área total do bairro Freguesia (3.669.462,16 m²).

Fonte: DATA RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.2.5. Galeão

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro do Galeão, na Ilha do Governador, está definido na Figura 96, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 28.

Figura 96 – Ativos potenciais do bairro do Galeão, Ilha do Governador

Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 28 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Galeão

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^c
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	3.048.215,63	16,12%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	8.353,92	0,04%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	652.944,15	3,45%
Base Aérea do Galeão	Infraestrutura verde	278.158,67	1,47%
Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro Galeão Antônio Carlos Jobim	Adequação para critérios de aeroportos sustentáveis	8.175.105,87	43,24%
Bacia do Canal 20 de Janeiro	Revegetação das margens do canal e manutenção da área preservada	58.479,97	0,31%
Canal 20 de Janeiro	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	-	
Canal da Portuguesa (parte)	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	-	
TOTAL		12.221.258,21	64,64%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

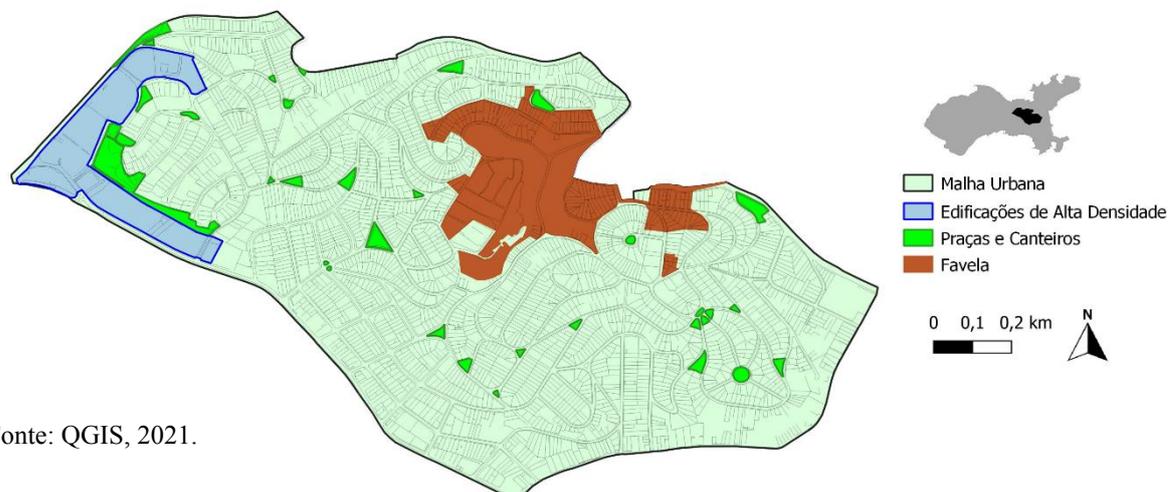
^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

^c Porcentagem em relação à área total do bairro Galeão (18.906.009,13 m²).

Fonte: DATA RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.2.6. Jardim Carioca

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro do Jardim Carioca, na Ilha do Governador, está definido na Figura 97, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 29.

Figura 97 – Ativos potenciais do bairro do Jardim Carioca, Ilha do Governador

Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 29 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Jardim Carioca

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^d
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	85.868,85	5,24%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	40.799,76	2,49%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	157.597,79	9,62%
TOTAL		284.266,40	17,34%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

^c Cálculo da área do telhado verde a partir da projeção dos telhados no lote em m² (metros quadrados).

^d Porcentagem em relação à área total do bairro Jardim Carioca (1.639.025,36 m²).

Fonte: DATA.RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.2.7. Jardim Guanabara

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro do Jardim Guanabara, na Ilha do Governador, está definido na Figura 98, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 30.

Figura 98 – Ativos potenciais do bairro do Jardim Guanabara, Ilha do Governador

Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 30 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Jardim Guanabara

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^c
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	52.491,23	1,64%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	139.008,79	4,34%
Parque Marcello de Ipanema	Dispositivos de microdetenção, paisagismo de alto desempenho, adaptação de áreas de estacionamento para controle de águas pluviais, arborização sustentável	54.463,58	1,70%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	14.385,97	0,45%
TOTAL		260.349,57	8,12%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

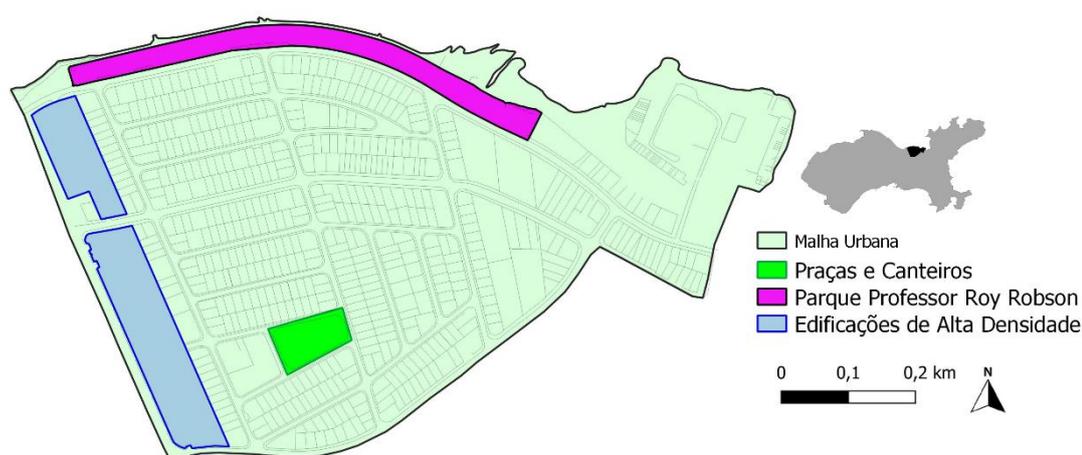
^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

^c Porcentagem em relação à área total do bairro Jardim Guanabara (3.205.857,13 m²).

Fonte: DATA.RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.2.8. Moneró

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro do Moneró, na Ilha do Governador, está definido na Figura 99, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 31.

Figura 99 – Ativos potenciais do bairro do Moneró, Ilha do Governador

Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 31 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Moneró

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^d
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	7.535,54	1,45%
Parque Professor Roy Robson	Dispositivos de microdetenção, paisagismo de alto desempenho, adaptação de áreas de estacionamento para controle de águas pluviais, arborização sustentável	26.039,00	5,00%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	40.845,80	7,85%
TOTAL		74.420,34	14,30%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

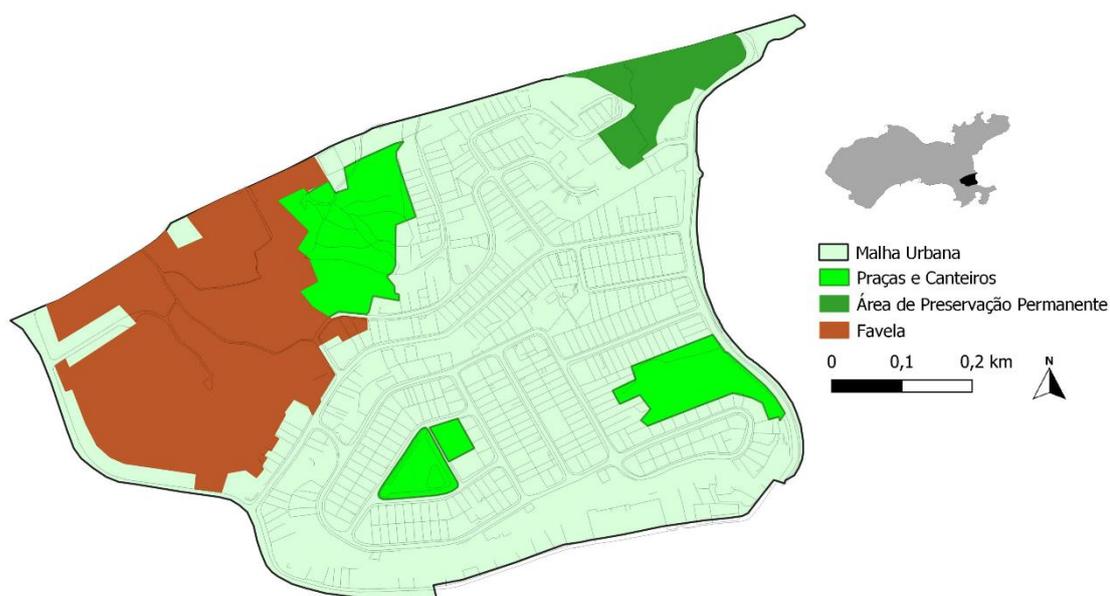
^c Cálculo da área do telhado verde a partir da projeção dos telhados no lote em m² (metros quadrados).

^d Porcentagem em relação à área total do bairro Moneró (520.551,12 m²).

Fonte: DATA.RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.2.9. Pitangueiras

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro das Pitangueiras, na Ilha do Governador, está definido na Figura 100, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 32.

Figura 100 – Ativos potenciais do bairro das Pitangueiras, Ilha do Governador

Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 32 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas de Pitangueiras

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^c
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	19.439,87	3,22%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	55.543,16	9,19%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	124.105,20	20,54%
TOTAL		199.088,23	32,96%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

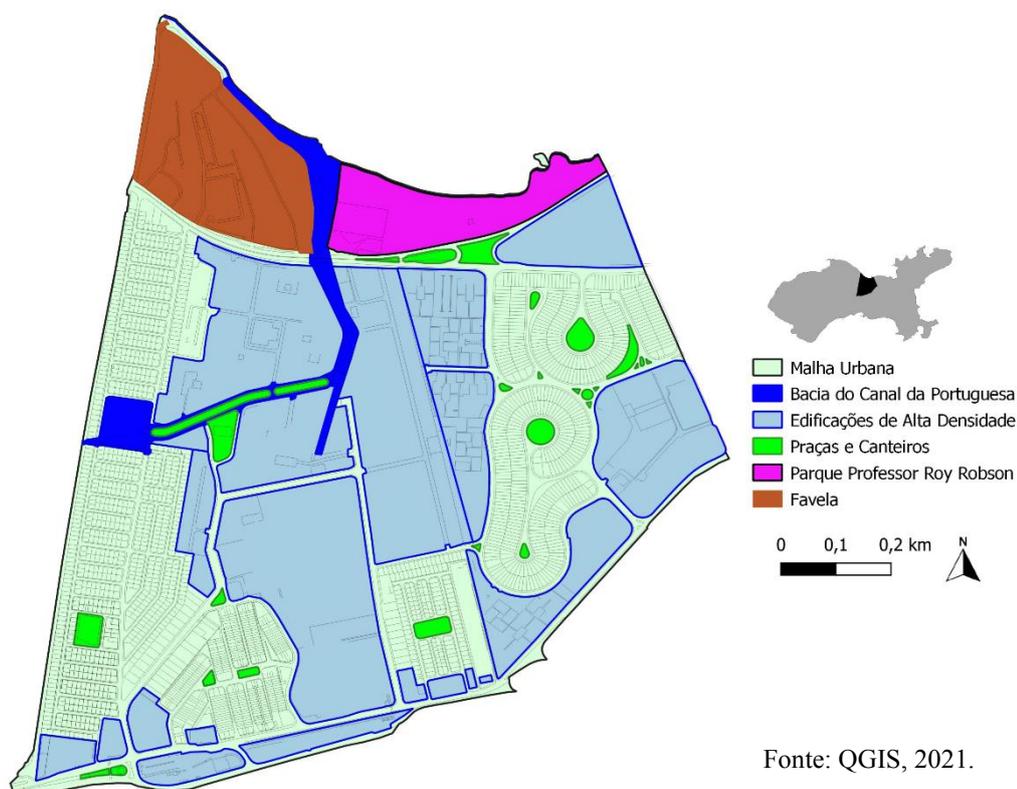
^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

^c Porcentagem em relação à área total do bairro Pitangueiras (604.112,55 m²).

Fonte: DATA.RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.2.10. Portuguesa

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro da Portuguesa, na Ilha do Governador, está definido na Figura 101, a seguir. E as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 33.

Figura 101 – Ativos potenciais do bairro da Portuguesa, Ilha do Governador

Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 33 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Portuguesa

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^d
Bacia do Canal da Portuguesa	Planejamento de parque aberto linear	40.017,06	3,34%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	27.696,23	2,31%
Parque Professor Roy Robson	Dispositivos de microdetenção, paisagismo de alto desempenho, adaptação de áreas de estacionamento para controle de águas pluviais, arborização sustentável	48.921,55	4,09%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	498.655,26	41,68%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	84.506,32	7,06%
TOTAL		699.796,42	58,49%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

^c Cálculo da área do telhado verde a partir da projeção dos telhados no lote em m² (metros quadrados).

^d Porcentagem em relação à área total do bairro Portuguesa (1.196.391,46 m²).

Fonte: DATA.RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.2.11. Praia da Bandeira

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro da Praia da Bandeira, na Ilha do Governador, está definido na Figura 102, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 34.

Figura 102 – Ativos potenciais do bairro da Praia da Bandeira, Ilha do Governador

Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 34 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Praia da Bandeira

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^d
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	15.817,48	4,16%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	3.252,10	0,86%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	97.115,92	25,56%
TOTAL		116.185,50	30,58%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

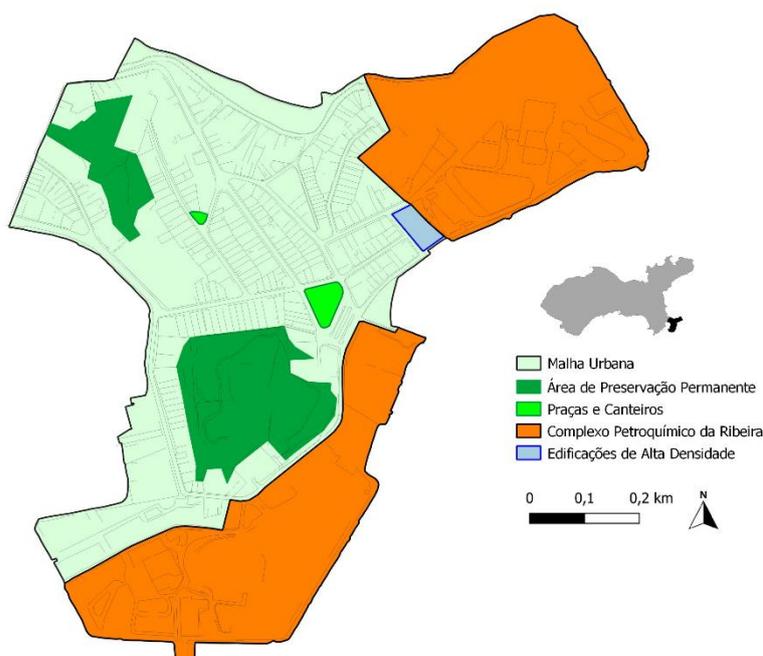
^c Cálculo da área do telhado verde a partir da projeção dos telhados no lote em m² (metros quadrados).

^d Porcentagem em relação à área total do bairro Praia da Bandeira (379.959,35 m²).

Fonte: DATA.RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.2.12. Ribeira

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro da Ribeira, na Ilha do Governador, está definido na Figura 103, a seguir. E as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 35.

Figura 103 – Ativos potenciais do bairro da Ribeira, Ilha do Governador

Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 35 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas da Ribeira

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^d
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	80.286,44	11,01%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	4.394,40	0,60%
Complexo Petroquímico da Ribeira	Adequação das instalações às boas práticas ambientais sustentáveis	288.733,96	39,59%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	3.838,51	0,53%
TOTAL		377.253,31	51,72%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

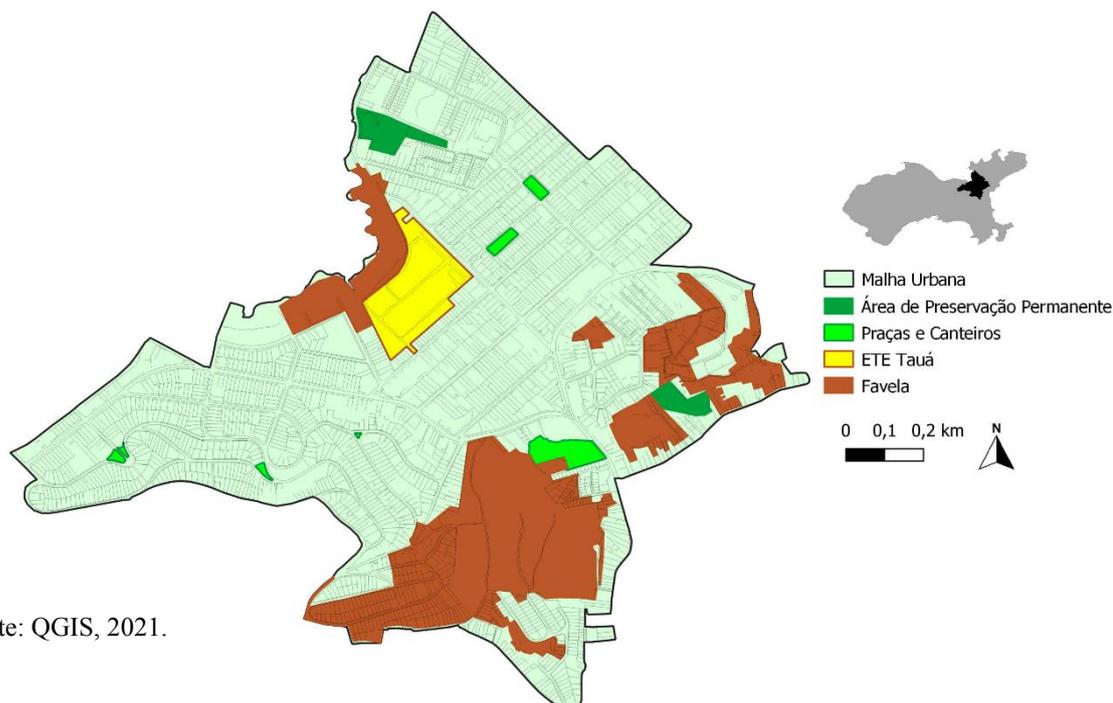
^c Cálculo da área do telhado verde a partir da projeção dos telhados no lote em m² (metros quadrados).

^d Porcentagem em relação à área total do bairro Ribeira (729.384,56 m²).

Fonte: DATA.RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.2.13. Tauá

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro do Tauá, na Ilha do Governador, está definido na Figura 104, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 36.

Figura 104 – Ativos potenciais do bairro do Tauá, Ilha do Governador

Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 36 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Tauá

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^c
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	22.190,11	1,33%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	18.113,18	1,08%
Estação de Tratamento de Esgotos do Tauá	Adequação das instalações às boas práticas ambientais sustentáveis	52.998,34	3,17%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável e permacultura urbana	348.091,59	20,82%
TOTAL		441393,22	26,40%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

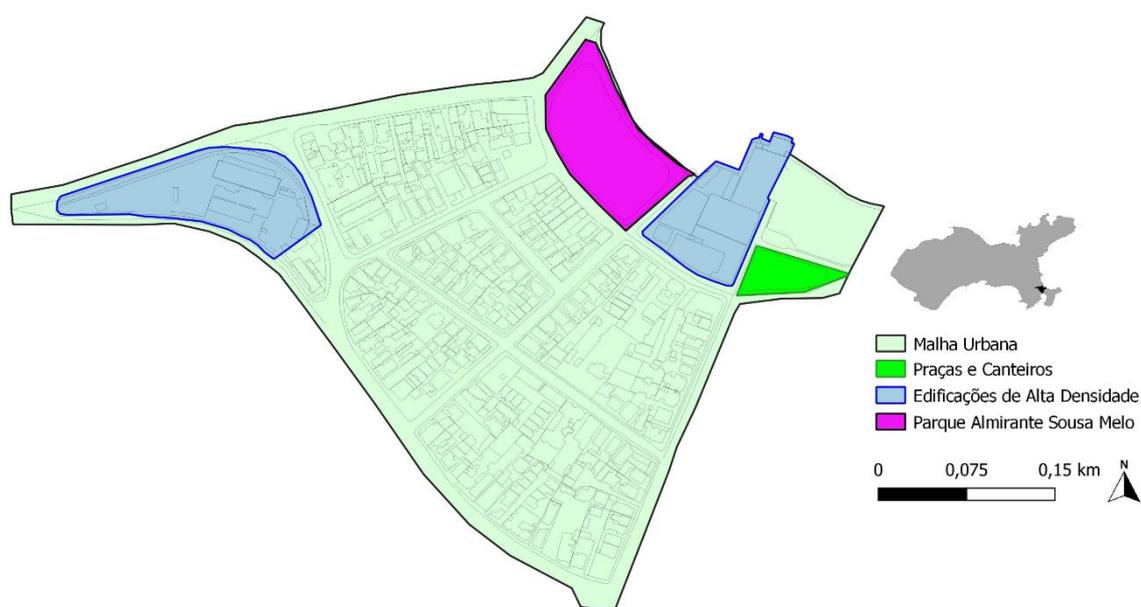
^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

^c Porcentagem em relação à área total do bairro Tauá (1.672.087,49 m²).

Fonte: DATA.RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.2.14. Zumbi

O levantamento dos ativos potenciais localizados no bairro do Zumbi, na Ilha do Governador, está definido na Figura 105, e as propostas de implantação de dispositivos de controle de águas das chuvas, com as respectivas áreas, dispostas no Quadro 37.

Figura 105 – Ativos potenciais do bairro do Zumbi, Ilha do Governador

Fonte: QGIS, 2021.

Quadro 37 – Área de implantação de dispositivos de controle das águas das chuvas do Zumbi

Ativo Potencial ^a	Proposta ^b	Área (m ²)	(%) ^d
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	2.468,88	1,53%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	20.849,45	12,93%
Parque Almirante Sousa Melo	Dispositivos de microdetenção, paisagismo de alto desempenho, adaptação de áreas de estacionamento para controle de águas pluviais, arborização sustentável	10.434,42	6,47%
TOTAL		33.752,75	20,93%

^a Espaços e infraestruturas locais tratados como “ativo ambiental em potencial”, conforme Quadro 7 do item 4.4.

^b Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD, para a cidade do Rio de Janeiro, conforme Quadro 8 do item 4.5.

^c Cálculo da área do telhado verde a partir da projeção dos telhados no lote em m² (metros quadrados).

^d Porcentagem em relação à área total do bairro Zumbi (161.280,01 m²).

Fonte: DATA.RIO (RIO DE JANEIRO, 2021).

O Apêndice B (pág. 349) apresenta o resumo das áreas de implantação das propostas de gestão das águas pluviais, em metros quadrados (m²), sob o conceito de desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto, por espaços e infraestruturas locais de cada bairro da Ilha do Governador.

O Apêndice C (pág. 350) apresenta o resumo das propostas de gestão das águas pluviais por bairros e a porcentagem das áreas de implantação das propostas em relação aos bairros de referência, e em relação a área total da Ilha do Governador.

6.2.15. Uso potencial das águas das chuvas

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2018a), a demanda pelo uso de água no Brasil deve aumentar em 30% até 2030. Diante deste fato, cientistas e pesquisadores, órgãos públicos de gestão das águas e empresas de tecnologia de captação e tratamento de águas propõem investimentos em soluções alternativas para evitar uma futura crise hídrica.

De acordo com ANA (2019), a demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. A previsão é de que, até 2030, a retirada aumente 24%. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país. Além disso, os padrões de distribuição das chuvas variam naturalmente e apresentam eventos extremos decorrentes do seu excesso ou da escassez.

O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, lançado no 8º Fórum Mundial da Água, em Brasília, propõe a busca de Soluções baseadas na Natureza (SbN), que usam ou simulam processos naturais, como alternativas na gestão da água no mundo, entre elas: aproveitamento da água da chuva, reúso de águas, construções sustentáveis, dessalinização, despoluição, etc. (ANA, 2018b).

Em face das mudanças climáticas e da escassez de água, a articulação do setor privado com governo, academia e entidades da sociedade civil é essencial para garantir o abastecimento de água no futuro.

Diante desta realidade, a proposta de gestão das águas desenvolvida para a Bacia de Captação Ilha das Enxadas, descrita no item 6.2.17, considerou a implantação de técnicas não convencionais de drenagem, Soluções baseadas na Natureza e o uso potencial da água das chuvas dos telhados das edificações, no intuito de obter uma redução na vazão de pico da sub-bacia em eventos de chuvas intensas.

O uso potencial da água das chuvas é caracterizado pela diminuição na demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, tendo como consequência a diminuição dos custos com água potável e a redução do risco de enchentes em caso de chuvas fortes. O processo de captação consiste na coleta da água da chuva das áreas impermeáveis, que após filtragem e

armazenamento são utilizadas para consumo não potável, como em bacias sanitárias, em torneiras de jardim, para lavagem de veículos e para lavagem de roupas (RIO DE JANEIRO, 2021c).

O Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2018 descreve a experiência das cidades-esponjas, na China, em que construções absorvem água da chuva de forma rápida e segura (ONU, 2018). Além disso, no item 4.5, pode-se observar as experiências das cidades de Portland e Seattle (Estados Unidos da América) e de Vancouver (Canadá), onde a gestão das águas pluviais é parte da política pública de gestão administrativa das cidades, em conjunto com a participação direta da população.

A Cidade do Rio de Janeiro possui um instrumento, chamado Mapa de Potencial do Uso de Água de Chuva, capaz de estimar a quantidade de água que pode ser aproveitada em uma edificação, bem como estimar a economia que essa solução traz para o usuário. Este mapa digital tem o objetivo de mostrar a importância do uso da água de chuva e orientar a população para os principais usos com fins não potáveis (RIO DE JANEIRO, 2021c).

De acordo com a proposta do mapa digital, o cidadão carioca pode utilizar a água da chuva para fins não potáveis, como: rega de jardins, limpeza de carros, limpeza de pisos e descarga em bacias sanitárias, garantindo: (a) eficiência de recursos, por meio da economia na conta de água, com uso mais sustentável; (b) segurança no abastecimento, pela diversificação das fontes de água, com redução da dependência do rio Guandu; e (c) mitigação de enchentes, se aplicado em larga escala.

O Mapa de Uso de Água de Chuva surgiu de um estudo que computou um potencial de economia com o reúso de água de chuva no Rio de Janeiro em torno de 25%, focado no aumento da resiliência hídrica da cidade. Esse estudo atentou para a necessidade de transição de uma gestão compartimentada das águas da cidade para uma gestão integrada, visando a regularização do ciclo hidrológico, e a minimização dos impactos que ocorrem com grandes eventos de chuva (RIO DE JANEIRO, 2021c).

Baseado no levantamento censitário de 2010, o mapa digital foi gerado de acordo com os resultados obtidos em cada procedimento metodológico, como:

- análise pluviométrica do sistema do Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro entre 2010 e 2015;
- cálculo da média mensal para cada uma das 33 estações do sistema Alerta Rio, usando o método de interpolação do Inverso da Potência da Distância (IDW), que estima valores desconhecidos de uma função através de pontos conhecidos;
- geração das isolinhas proveniente do resultado da interpolação do IDW, que demonstram aproximadamente o valor de precipitação, ou seja, a quantidade de água de chuva que incide em cada local da cidade; e
- correlação dos dados de chuva com as edificações do Rio de Janeiro, através do mapa de edificações criado pelo Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP), definindo a quantidade de chuva sobre a área de cada edifício.

A Figura 106 mostra o mapa digital gerado pelo potencial de uso da água da chuva na Ilha do Governador, que foi utilizado para os cálculos da proposta da Bacia de Captação Ilha das Enxadas, no bairro Bancários, no item 6.2.17. Os resultados consideram uma perda de 20% do sistema de coleta da água dos telhados devido às irregularidades no escoamento superficial e à evaporação.

Figura 106 – Mapa do potencial de uso da água da chuva da Ilha do Governador



Fonte: DATA-RIO, 2021.

6.2.16. Bacia hidrográfica do rio Jequiá

A bacia hidrográfica do rio Jequiá é um importante ativo potencial localizado no bairro da Cacua na Ilha do Governador. Apesar de parcialmente antropizada, a bacia possui uma região de ecossistema de manguezal, com uma área remanescente de Mata Atlântica, o Morro do Matoso, local favorável para o crescimento de espécies de fauna e flora cujas características refletem diretamente na produção do pescado e na sustentabilidade social e ambiental (SANTOS *et al.*, 2003).

A nascente do rio Jequiá fica em um local conhecido como Guarabu e percorre aproximadamente 2,2 km de extensão em canal subterrâneo, desembocando no saco do Jequiá, conforme mostra a Figura 107. A bacia do rio Jequiá possui uma área de 3,34 km² e características de ocupação urbana margeada por áreas carentes, que ocupam encostas da Serra da Morena e Nossa Senhora das Graças, com uma população concentrada nos bairros: Zumbi, Cacua, Jardim Guanabara e áreas de encosta (SILVA *et al.*, 1991).

Figura 107 – Localização da bacia do rio Jequiá na Ilha do Governador



Fonte: QGIS, 2021.

No ano de 1991, a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro contratou um estudo da Universidade do Estado do Rio de Janeiro em conjunto com outras instituições, que resultou no Diagnóstico Ambiental Preliminar da Bacia do Rio Jequiá, que mobilizou diversos atores locais para a criação da APARU do Jequiá, em 31 de agosto de 1993 por meio do Decreto Municipal n.º 12.250, com esta área sob tutela da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) (SANTOS *et al.*, 2003).

A Lei Complementar n.º 111, de 1º de fevereiro de 2011⁶⁵, estabeleceu as normas e procedimentos para a realização da política urbana do município, fixando as suas diretrizes por meio da instituição do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável (PDDUS) da Cidade do Rio de Janeiro.

O item III, do §3º, do art. 110, do PDDUS, manteve a Área de Preservação Ambiental e Recuperação Urbana (APARU) como uma categoria exclusiva de unidade de conservação da natureza de uso sustentável, com características ecológicas e paisagísticas importantes para a qualidade de vida, com o objetivo de regulação do uso e ocupação do solo, bem como de restauração de suas condições ecológicas e urbanas (RIO DE JANEIRO, 2011).

A APARU do Jequiá está situada na Ilha do Governador, constituída pelo manguezal e estuário do rio Jequiá e sua microbacia, o complexo florestal do morro do Matoso e as áreas ocupadas pela Colônia de Pescadores Z-10 e pela Marinha do Brasil.

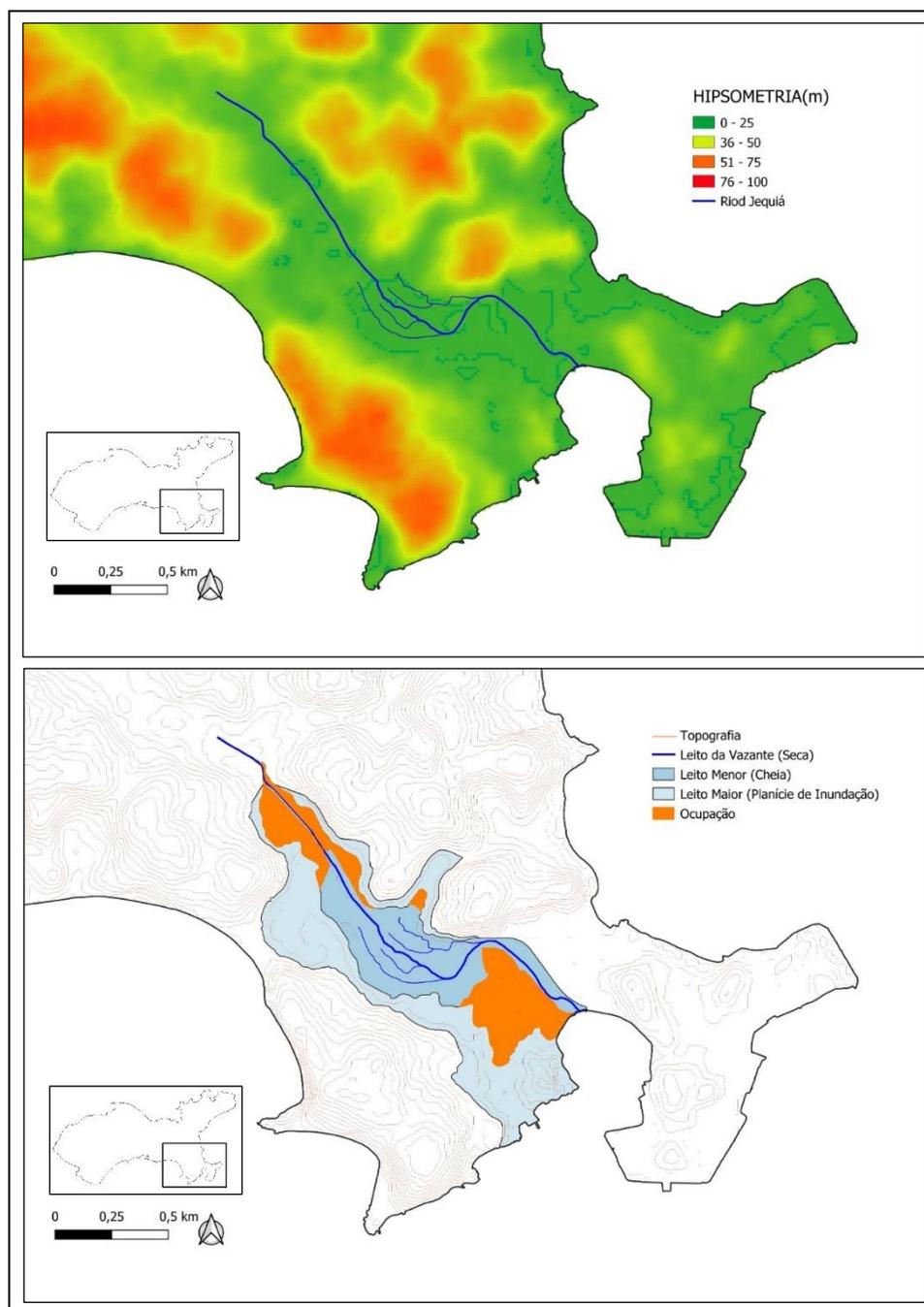
Apesar de o ecossistema do manguezal do estuário do rio Jequiá não ser um dos maiores da Baía de Guanabara, a sua importância se dá por dois fatores: a biodiversidade do ecossistema local e o histórico da comunidade interna, composta por moradores nativos ou procedentes das famílias dos pescadores.

O manguezal do estuário do rio Jequiá é a maior área preservada da cidade do Rio de Janeiro, e consiste em um ecossistema produtivo, que resiste e recebe visitas de diversas espécies de aves, provenientes do hemisfério norte (SILVA *et al.*, 1991). No passado, o manguezal sofreu a ação antrópica negativa com desmatamento e poluição das águas, o que resultou na degradação e descaracterização de seu perfil original, conforme a Figura 108.

⁶⁵ Revogou a Lei Complementar n.º 16, de 4 de junho de 1992, que dispôs sobre a política urbana do município e instituiu o Plano Diretor Decenal da Cidade do Rio de Janeiro.

Apesar de a região possuir chances de recuperação, a área ainda é afetada pela poluição das águas, devido ao lançamento irregular de esgoto e lixo, ao carreamento de sedimentos à montante e aos poluentes provenientes da própria Baía de Guanabara.

Figura 108 – Hipsometria e características de ocupação da bacia do rio Jequiá



Fonte: QGIS, 2021.

A comunidade do Jequiá é composta por uma população de aproximadamente 55.000 pessoas, que habitam no entorno da bacia do rio Jequiá e na Colônia de Pescadores Z-10, como a primeira comunidade de pescadores do Brasil, e cujos problemas socioambientais transcendem aos próprios limites físicos da bacia, margeados por interesses econômicos e políticos, o que desconfigurou a vocação e a identidade regionais (SILVA *et al.*, 1991).

A gestão da bacia do rio Jequiá segue o modelo do Sistema Municipal de Gestão Ambiental e tem como órgão administrativo central a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC), em conjunto com outros órgãos municipais e a comunidade local, com destaque: a Marinha de Guerra do Brasil, o Centro de Educação Ambiental, a Associação dos Amigos do Manguezal do Jequiá, a Associação dos Pescadores da Colônia Z-10 e a Associação de Moradores (SANTOS *et al.*, 2003).

Santos *et al.* (2003) desenvolveram um estudo de caso sobre a bacia hidrográfica do rio Jequiá, que identificou ações conflitivas entre os agentes políticos locais e a SMAC, principalmente no que tange à participação democrática na gestão e no entrosamento entre os projetos desenvolvidos, o que dificultou a melhoria ambiental da região. Constatou-se, então, a necessidade de implementar esforços de envolvimento da comunidade na gestão do espaço, de maneira a minimizar os conflitos existentes.

As experiências relatadas nas cidades da Austrália (4.5.5), em Auckland na Nova Zelândia (4.5.6) e em Singapura (4.5.7), demonstram que o envolvimento da população na gestão resulta em resultados positivos na implantação de soluções sustentáveis para problemas ambientais. Apesar de os problemas ambientais estarem além do alcance da comunidade, a sensibilização e a conseqüente conscientização sobre estas questões servem como agentes propulsores para a reivindicação de direitos coletivos.

A proposta de gestão para a bacia do rio Jequiá tem sido praticada desde antes da criação da APARU do Jequiá e os atores envolvidos já possuíam um bom nível de mobilização e/ou sensibilização, conforme demonstrado pela atuação da Associação dos Amigos do Manguezal do Jequiá.

A implantação do Centro de Educação Ambiental do Jequiá (CEA Jequiá) se iniciou de forma equivocada, partindo do governo para a comunidade, sem a preocupação do reconhecimento da população local e das atividades de educação ambiental pré-existentes.

Entretanto, com a construção da sede da CEA Jequiá, o foco passou a ser de valorização cultural da comunidade residente, da sua história e das suas necessidades (ROBERTSON e SÁNCHEZ, 2010).

Em função de a gestão ambiental da bacia do rio Jequiá estar diretamente relacionada à gestão das águas pluviais, as propostas para a região do Jequiá deverão dar prosseguimento ao trabalho já realizado, entre o poder público e a comunidade local, como garantia de que:

- os projetos de educação ambiental sejam emancipatórios, de tal forma que os moradores da comunidade se reconheçam como cidadãos e cidadãs e, com mais informações sobre seus direitos, possibilidades, alternativas, com vistas às soluções mais adequadas para os problemas socioambientais vivenciados;
- o CEA Jequiá seja reconhecido como ponto de apoio e de atuação confiável, como resposta a maior participação da comunidade para a sua manutenção e garantia de uma existência não vinculada às variações políticas de governo;
- a metodologia de trabalho desenvolvido pela Prefeitura Municipal – gestor público – busque valorizar Soluções baseadas na Natureza (SbN) compartilhadas;
- a integração das esferas governamentais competentes (federais, estaduais, distritais, municipais, etc.) a fim de tratar da redução da poluição do rio Jequiá, e da consequente poluição da Baía de Guanabara;
- a participação democrática no planejamento da gestão das águas pluviais e da implantação da infraestrutura;
- a transferência de direitos de ocupação e restauração do beira-rio e do beira-mar; e
- a reformulação do sistema predatório econômico, social e cultural sofrido pela população local, permitindo ações de inclusão social e consciência ecológica das comunidades.

6.2.17. Modelo hipotético da aplicação de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais em uma bacia de captação na Ilha do Governador

O Brasil está entre os países com o maior número de pessoas expostas às inundações no planeta. O padrão de distribuição das chuvas do país tem variado bastante entre 2000 e 2019 (excesso ou estiagem), com eventos extremos de estiagens, secas, enxurradas e inundações. Os danos mais perceptíveis, em razão destes desastres naturais, são a perda de residências das pessoas diretamente afetadas e as consequências sobre a saúde pública, além de danos mais graves, como: óbitos, desaparecimentos, enfermidades e ferimentos (ONU, 2020).

O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, lançado no VIII Fórum Mundial da Água, propôs a aplicação de técnicas sustentáveis a partir de Soluções baseadas na Natureza (SbN), que aproveitam os processos naturais, muitas vezes “recriando” ambientes naturais, como alternativa na gestão das águas urbanas (ONU, 2018).

O uso potencial da água da chuva é uma solução sustentável para a gestão de inundações, que pode envolver a retenção da água por meio da infiltração e do escoamento superficial, a partir de uma ligação hidrológica entre componentes do sistema e o transporte da água, e abertura de espaços para o armazenamento de água, como planícies de inundação.

As SbN incluem a combinação de modelos de infraestrutura verde e cinza, bem como uma série de abordagens estruturais e não estruturais que ajudam a população a “estar preparada” para um evento de chuva, sob o conceito de “viver com inundações”, a fim de gerar uma redução de custos, de perdas e de riscos decorrentes das inundações (ANA, 2018b).

Além disso, o uso de água da chuva gera a diminuição na demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, tendo como consequência a diminuição dos custos com água potável e, conseqüentemente, a redução do risco de enchentes em caso de chuvas fortes.

O potencial do uso das águas das chuvas pode ser ampliado a partir da implementação de SbN capazes de reduzir escoamento superficial, como: uso de pavimentos permeáveis ou drenantes nas pistas de rolamento, uso de pisos semipermeáveis nas ciclovias, aplicação de placas cimentícias ou concreto permeáveis nas calçadas dos lotes públicos ou particulares, construção de jardins de chuva, captação das águas dos telhados, telhados verdes e azuis, e projetos de revegetação de canais naturais de drenagem existentes (ONU, 2018).

A cidade do Rio de Janeiro é abastecida em 91% pelas águas do rio Guandu, que caracteriza uma dependência significativa de uma única fonte de recurso hídrico. Além disso, a cidade sofre muitos impactos relacionados às inundações e alagamentos, devido aos efeitos de grandes eventos pluviométricos no período chuvoso (novembro a abril), potencializados pela impermeabilização do solo e pela gestão inadequada das águas (RIO DE JANEIRO, 2021c).

De acordo com Ribeiro (2016), o potencial de armazenamento e aproveitamento de água de chuva na cidade do Rio de Janeiro é alto e a coleta de água de chuva pode contribuir na gestão do ciclo hidrológico urbano. A gestão integrada das águas pluviais, com o envolvimento do poder público, da sociedade civil, da academia e do terceiro setor, pode assegurar uma sociedade mais resiliente diante dos riscos das mudanças climáticas.

Nesse contexto, é fundamental perceber que os ecossistemas urbanos precisam ser valorizados e integrados ao planejamento de ocupação dos espaços urbanos, a fim de contribuírem para que as cidades se tornem menos vulneráveis aos eventos de chuvas intensas. Trazer as paisagens e suas funcionalidades para dentro do espaço urbano é o conceito que diversas cidades do mundo têm buscado implementar na gestão das águas das chuvas.

Um modelo de gestão sob o conceito de LIUDD foi proposto neste estudo a fim de verificar que a implantação de técnicas sustentáveis de drenagem urbana pode influenciar diretamente no escoamento superficial das bacias urbanas, com vistas à uma redução da vazão de pico em eventos de chuvas intensas.

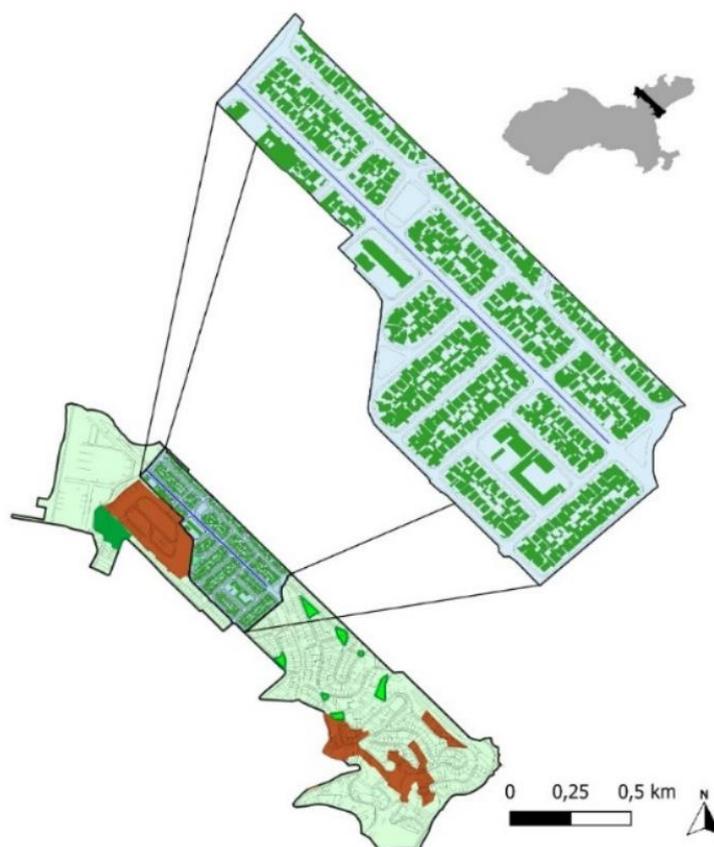
Sendo assim, uma sub-bacia de drenagem da Ilha do Governador foi analisada antes e depois da alteração do coeficiente de escoamento superficial de ruas, calçadas, ciclovias e faixas de pedestres, por meio da implantação de pavimentos permeáveis (concreto poroso, pavimento intertravado ou blocos de concreto vazados) e da reurbanização do canal de drenagem existente, com foco na redução da vazão de pico em eventos pluviométricos.

A sub-bacia selecionada no bairro Bancários – agora intitulada Bacia de Captação Ilha das Enxadas – possui uma área total de 191.713,28m², composta por 322 lotes, distribuídos em 19 quadras, classificados como: institucionais, comerciais, mistos, residenciais e verticalizados

(apartamentos), situados em Zona Residencial 3 (ZR3)⁶⁶ e na Macrozona de Ocupação Incentivada (MOI)⁶⁷.

A Bacia de Captação Ilha das Enxadas está localizada em torno do canal de drenagem adjacente à Avenida Ilha das Enxadas, que recebe a drenagem superficial de 18 logradouros públicos: as ruas paralelas Doutor Manoel Marreiros, Max Yantok e Vieira de Almeida; as ruas transversais Monsenhor Henrique Magalhães, Juan Pablo Duarte, Fernando de Noronha, Ilha Fiscal, Cabo Branco, Vital Fontoura, Benedito Patrício, Gipoia e Carmos de Minas; as avenidas Ilha do Fundão e Doutor Agenor de Almeida Loyola (parte); e as praças Ilha Brocoió, Engenheiro Gabriel de Novaes e Ilha Pombeba (Figura 109).

Figura 109 – Localização da Bacia de Captação Ilha das Enxadas no bairro Bancários



Fonte: QGIS, 2022.

⁶⁶ Zona Residencial 3 (ZR3), conforme o Regulamento de Zoneamento do Município do Rio de Janeiro, aprovado pelo Decreto n.º 322, de 3 de março de 1976.

⁶⁷ Macrozona de Ocupação Incentivada (MOI), conforme o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro, instituído pela Lei Complementar n.º 111, de 1º de fevereiro de 2011.

Os canais urbanos e os loteamentos são dispositivos de infraestrutura verde, conforme discutido no item 4.4 desta tese, e devem ser tratados como ativos ambientais potenciais de aproveitamento das águas pluviais.

A fim de verificar a efetiva redução da vazão de escoamento, optou-se por considerar a implantação hipotética de técnicas não convencionais de redução do *run-off* na sub-bacia, bem como estimar a área impermeabilizada diretamente conectada à rede de drenagem existente para utilizar estes parâmetros como variável de cálculo do escoamento superficial pelo método racional modificado, indicado pela Fundação Rio-Águas.

A quantificação da redução do escoamento superficial da Bacia de Captação Ilha das Enxadas foi determinada pela diferença da vazão de pico (deflúvio), em uma precipitação com duração de 30 minutos, antes e após a implantação hipotética das técnicas sustentáveis de drenagem⁶⁸ dispostas no Quadro 38.

Quadro 38 – Propostas de SbN e respectivas áreas de implantação na Bacia de Captação Ilha das Enxadas

SbN	Área (m ²)	Percentual da área total
Implantação de telhados verdes nas edificações e aproveitamento das águas da chuva ⁶⁹	115.181	60,08%
Implantação de pavimento permeável ou drenante na pista de rolamento da avenida principal	9.254	4,83%
Implantação de pavimento semipermeável ou blocos vazados nas pistas de rolamento das ruas secundárias	24.055	12,55%
Implantação de pisos semipermeáveis nas ciclovias com revestimento intertravado de concreto poroso	2.485	1,30%
Implantação de placas cimentícias ou concreto permeáveis (poroso) nas calçadas dos lotes públicos e particulares	19.907	10,38%
Reurbanização do canal de drenagem da avenida principal, com renaturalização do leito e revegetação das margens	3.208	1,67%
Implantação de área de lazer com jardins de chuva e quadras de esporte com piso semipermeável	2.374	1,24%

Fonte: O autor, 2022.

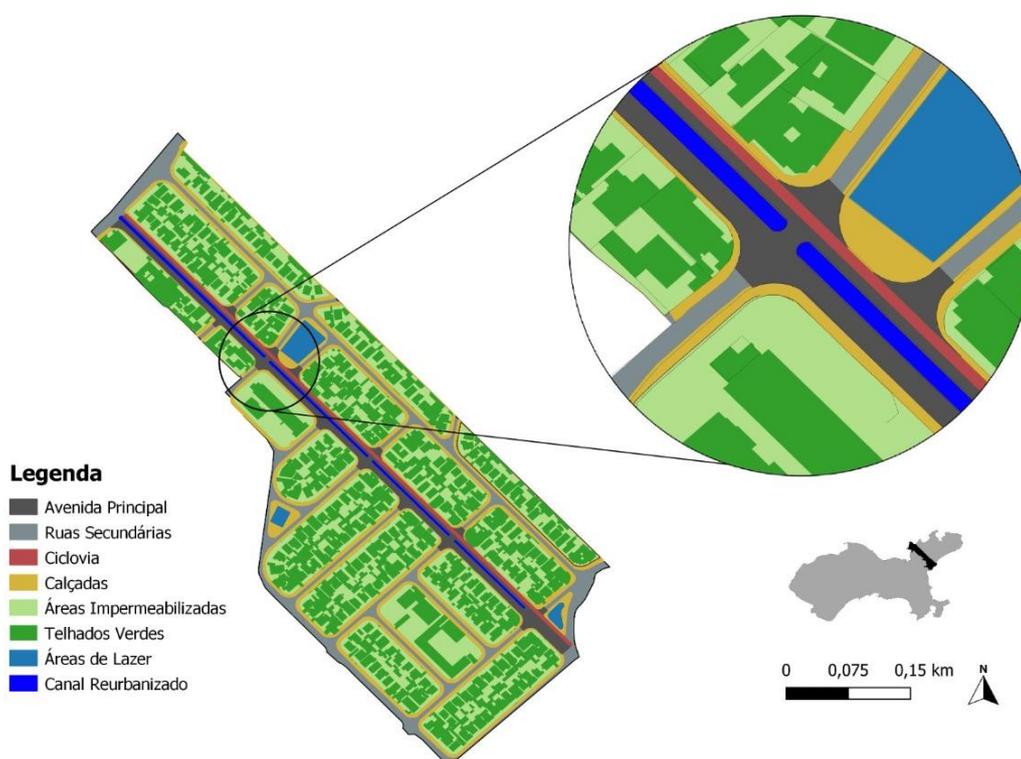
⁶⁸ Técnicas sob o conceito de Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto.

⁶⁹ Captação dos telhados ou coberturas de edificações, marquises, telheiros, casas de máquinas, etc.

Os cálculos da área impermeabilizada diretamente conectada e das superfícies de implantação das propostas de SbN foram realizados com a utilização dos atributos do *software* QGIS, por meio da utilização das ferramentas ofertadas pelo sistema de manipulação de dados espaciais, no que tange às características de identificação e de localização, disponíveis no próprio aplicativo (QGIS, 2021).

A Figura 110 mostra a disposição das soluções sustentáveis propostas para a Bacia de Captação Ilha das Enxadas, para fins de cálculo, conforme a tipologia: ciclovia, pavimento permeável, calçada permeável, canal revegetado, telhados verdes e as áreas não contempladas (impermeabilizadas).

Figura 110 – Propostas de soluções sustentáveis para a Bacia de Captação Ilha das Enxadas

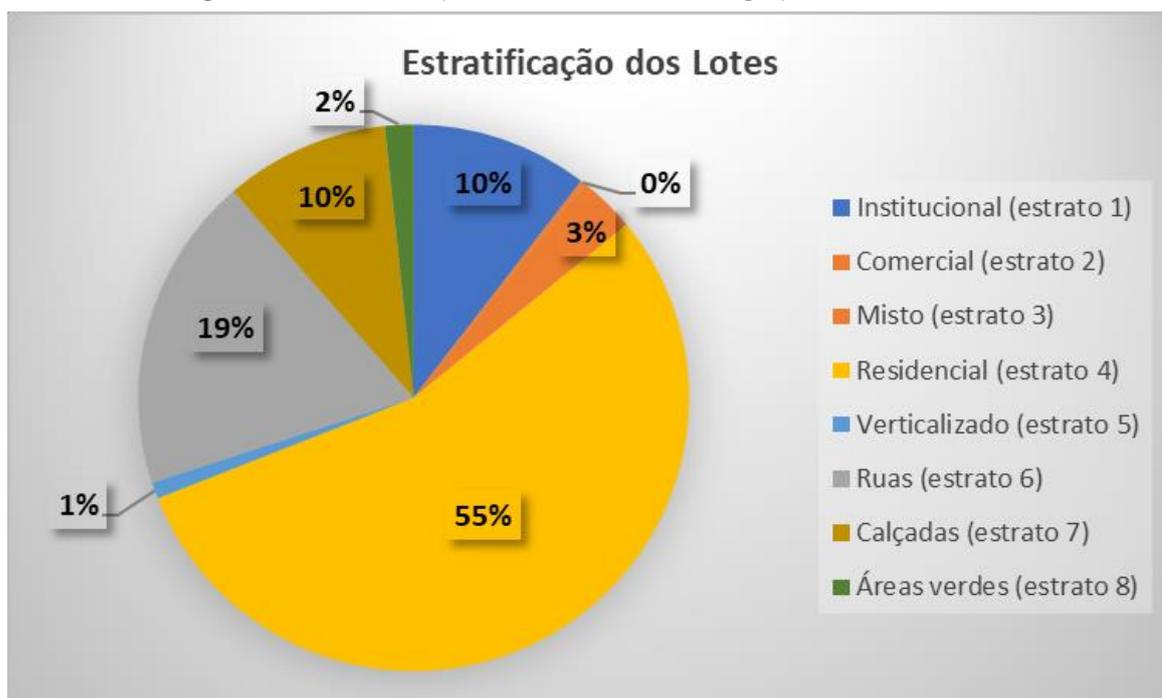


Fonte: QGIS, 2022.

A estratificação dos lotes

A Figura 111 mostra o resultado da estratificação dos lotes em relação à superfície total da Bacia de Captação Ilha das Enxadas.

Figura 111 – Estratificação dos lotes na Bacia de Captação Ilha das Enxadas



Fonte: O autor, 2022.

O escoamento superficial

A Tabela 4 mostra o resultado dos cálculos da estimativa do coeficiente de escoamento superficial da área impermeabilizada diretamente conectada (C_{AIDC}), para a área total da Bacia de Captação Ilha das Enxadas igual a 191.713,28 m².

Tabela 4 – Estimativa de cálculo de C_{AIDC} ponderado para a Bacia de Captação Ilha das Enxadas

Estratos das Áreas	Superfície (m ²)	AIDC (m ²)	Áreas Impermeabilizadas				C_{pond}
			Diretamente Conectadas (AIDC)				
			A ₁ (%)	C ₁	A ₂ (%)	C ₂	
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7	Col. 8
Institucional	16275	6556	40,28	0,600	0,00	0,000	0,24
Comercial	460	190	41,27	0,600	0,00	0,000	0,25
Mista	6558	3514	53,58	0,675	0,00	0,000	0,36
Residencial	105292	103802	98,58	0,425	0,00	0,000	0,42
Verticalizada	1846	1119	60,63	0,600	0,00	0,000	0,36
Ruas	35794	35794	0,00	0,000	100,00	0,825	0,83
Calçadas	18584	18584	0,00	0,000	100,00	0,875	0,88
Áreas de lazer	3697	3697	0,00	0,00	100,00	0,690	0,69
Áreas verdes*	3208	0	0,00	0,00	100,00	0,075	0,08
$C_{AIDC} =$							0,53

A₁ – porcentagem da área de projeção ortogonal das edificações no lote

A₂ – porcentagem da área total de ruas asfaltadas, calçadas impermeáveis e áreas livres

C₁ – média aritmética do coeficiente de escoamento das edificações

C₂ – média aritmética do coeficiente de escoamento de ruas, calçadas e solo compactado

* grama em solo arenoso com declividade baixa (< 2%).

Fonte: O autor, 2022.

A intensidade pluviométrica

A partir dos coeficientes de chuvas intensas IDF do pluviômetro da região do Irajá, obtiveram-se os valores para os coeficientes: a = 5.986, b = 0,15, c = 29,7 e d = 1,050. Para fins de cálculo, determinou-se a intensidade pluviométrica média a partir do tempo de duração da precipitação de 30 min e os tempos de recorrência (T_r), considerando “r” igual a 5, 10, 25, 50 e 100 anos, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Intensidade pluviométrica média (i_m) conforme o tempo de recorrência (T_r) da estação pluviométrica do Irajá

T_r (anos)	t (min)	a	b	c	d	i_m (mm/h)
5	30	5.986	0,15	29,7	1,050	104,04
10	30	5.986	0,15	29,7	1,050	115,44
25	30	5.986	0,15	29,7	1,050	132,45
50	30	5.986	0,15	29,7	1,050	146,96
100	30	5.986	0,15	29,7	1,050	163,07

Fonte: O autor, 2022.

A vazão de pico (deflúvio)

Tendo em vista que a área total da Bacia de Captação Ilha das Enxadas é menor que 100 hectares (ha), o cálculo da vazão de pico foi realizado conforme o método racional modificado, indicado pela Fundação Rio-Águas.

Sendo assim, a vazão de pico (Q_n) foi calculada a partir do valor da intensidade pluviométrica média (i_m) conforme os tempos de recorrência (T_r), considerando “ r ” igual a 5, 10, 25, 50 e 100 anos, conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Vazão de Pico (Q_n) da Bacia de Captação Ilha das Enxadas conforme o tempo de recorrência (T_r)

T_r (anos)	n	i_m (mm/h)	C_{AIDC}	f	Área (ha)	Q_n (m ³ /s)
5	0,642106	104,04	0,53	0,891404	19,17	3,17
10	0,642106	115,44	0,53	0,922845	19,17	3,65
25	0,642106	132,45	0,53	0,966108	19,17	4,38
50	0,642106	146,96	0,53	1,000178	19,17	5,03
100	0,642106	163,07	0,53	1,035449	19,17	5,78

Fonte: O autor, 2022.

Aplicação hipotética das técnicas de drenagem não convencionais

As técnicas sustentáveis de drenagem para a Bacia de Captação Ilha das Enxadas, sob o conceito LIUDD, anteriormente propostas no Quadro 38, foram hipoteticamente implantadas para a execução dos cálculos a partir do ajuste dos coeficientes de escoamento superficial às novas condições de drenagem dos materiais utilizados.

O uso de pavimentos permeáveis ou semipermeáveis altera as condições originais de geração de escoamento superficial e reduz estes valores a praticamente zero, conforme as condições antecedentes e a capacidade de reserva da sub-bacia urbana. Esse ajuste permite o cálculo do coeficiente de escoamento pelas características detalhadas da superfície (C_{DET}), a partir dos coeficientes descritos na Tabela 7 (ARAÚJO *et al.*, 2000).

Tabela 7 – Coeficientes de escoamento superficial

Revestimento	Chuva total	Escoamento total	C
Solo compactado	18,66 mm	12,32 mm	0,66
Paralelepípedos	18,33 mm	10,99 mm	0,60
Bloco de concreto	19,33 mm	15,00 mm	0,78
Concreto	18,33 mm	17,45 mm	0,95
Blocos vazados	18,33 mm	0,5 mm	0,03
Concreto poroso	20,00 mm	0,01 mm	0,005

Fonte: Araújo *et al.*, 2000.

De acordo com Ohnuma (2008), o valor do coeficiente de escoamento superficial para telhados verdes pode variar conforme a sua inclinação e espessura da camada de solo com vegetação. Sendo assim, o valor adotado para esta proposta foi determinado a partir da média aritmética entre os coeficientes aplicados em telhados verdes de espessuras de substrato entre 0,20 m e 0,50 m e inclinação inferior à 15°, resultando em $C = 0,40$.

A Tabela 8 mostra o resultado da estimativa de cálculo de coeficiente de escoamento pelas características detalhadas da superfície (C_{DET}), a partir da adoção de valores ajustados às novas características de escoamento dos materiais empregados nas técnicas não convencionais propostas para a bacia.

Tabela 8 – Estimativa de cálculo de C_{DET} após a implementação de técnicas sustentáveis de drenagem na Bacia de Captação Ilha das Enxadas

Áreas sob técnicas sustentáveis de drenagem	Superfície (m ²)	Áreas Impermeabilizadas				C_{pond}
		Diretamente Conectadas (AIDC)				
		A_1 (%)	C_1	A_2 (%)	C_2	
Institucional	9719	100,00	0,600	0,00	0,00	0,60
Comercial	270	100,00	0,600	0,00	0,000	0,60
Mista	3044	100,00	0,675	0,00	0,000	0,68
Residencial	1490	100,00	0,425	0,00	0,000	0,43
Verticalizada	727	100,00	0,600	0,00	0,000	0,60
Avenida principal	9254	0,00	0,00	100,00	0,005	0,01
Ruas secundárias	24055	0,00	0,00	100,00	0,03	0,03
Ciclovias	2485	0,00	0,00	100,00	0,005	0,01
Calçadas	19907	0,00	0,00	100,00	0,005	0,01
Áreas de lazer	2374	0,00	0,00	100,00	0,075	0,08
Canal revegetado	3208	0,00	0,00	100,00	0,075	0,08
Telhados verdes	115181	0,00	0,00	100,00	0,40	0,40
					$C_{DET} =$	0,29

A_1 – porcentagem da área de projeção ortogonal das edificações no lote

A_2 – porcentagem da área total de ruas, ciclovias, calçadas, áreas livres e telhados verdes

C_1 – média aritmética do coeficiente de escoamento das edificações

C_2 – média aritmética do coeficiente de escoamento das ruas, ciclovias, calçadas e áreas livres

Fonte: O autor, 2022.

O valor do coeficiente de escoamento pelas características detalhadas da superfície (C_{DET}) obtido foi reaplicado nas Equações 1 e 2 para a obtenção das vazões de pico para os tempos de recorrência (T_r) de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, respectivamente, conforme mostrado na Tabela 9.

Tabela 9 – Vazão de Pico (Q_n) da Bacia de Captação Ilha das Enxadas conforme o tempo de recorrência (T_r)

T_r (anos)	n	i_m (mm/h)	C_{DET}	f	Área (ha)	Q_n (m ³ /s)
5	0,642106	104,04	0,29	0,487749	19,17	1,74
10	0,642106	115,44	0,29	0,504953	19,17	1,99
25	0,642106	132,45	0,29	0,528625	19,17	2,40
50	0,642106	146,96	0,29	0,547267	19,17	2,75
100	0,642106	163,07	0,29	0,566567	19,17	3,16

Fonte: O autor, 2022.

A Tabela 10 mostra os resultados dos cálculos dos deflúvios na Bacia de Captação Ilha das Enxadas, antes e depois da aplicação hipotética das técnicas sustentáveis de drenagem, bem como mostra a redução percentual da vazão de pico, com uma eficiência em torno de 54,7%, compatível com os valores destinados a projetos de drenagem em áreas residenciais suburbanas da Fundação Rio-Águas.

Tabela 10 – Redução percentual da vazão de pico na Bacia de Captação Ilha das Enxadas antes e depois da aplicação hipotética de técnicas sustentáveis de drenagem

T_r (anos)	i_m (mm/h)	Antes		Depois		Redução da vazão de pico (%)
		C_{AIDC}	Q_n (m ³ /s)	C_{DET}	Q_n (m ³ /s)	
5	39,63	0,53	3,17	0,29	1,74	54,7
10	43,97	0,53	3,65	0,29	1,99	54,7
25	50,45	0,53	4,38	0,29	2,40	54,7
50	55,98	0,53	5,03	0,29	2,75	54,7
100	62,11	0,53	5,78	0,29	3,16	54,7

Fonte: O autor, 2022.

6.3. Governança local

Partindo da premissa que o sucesso dos modelos de gestão está diretamente ligado à inclusão social, é fundamental construir um modelo de governança local para a cidade do Rio de Janeiro, que contribua para a função pública estruturante de interesse comum – no caso o saneamento básico – permitindo a implantação de redes de infraestrutura capazes de cumprir seus objetivos e colaborar para o desenvolvimento social e econômico.

Sendo assim, buscou-se nesta tese propor um modelo de governança local para a cidade do Rio de Janeiro conforme o exemplo da cidade de Auckland, na Nova Zelândia (item 4.5.6) e da região de Marselha-Provença (item 4.5.11), considerando o processo de inclusão social previsto na legislação vigente, o aproveitamento de programas de planejamento estratégico em curso e adequação jurídica para a criação de novos instrumentos de gestão, com a participação direta do Poder Público, da Sociedade Civil Organizada e das Instituições Privadas.

6.3.1. Inclusão social

O controle social na governança local das águas pluviais é apresentado no item 3.3 desta tese, sob a interpretação de uma nova ecologia urbana, que compreende o estudo das formas de projeção da sociedade e das funções econômico-sociais sobre o espaço e o ambiente das cidades, e envolve a funcionalidade do organismo urbano em todos os aspectos (AB’SABER, 1995).

A democratização na gestão pública ainda é um grande desafio para o êxito das ações, projetos e programas ambientais, que visam uma mudança no conceito de participação social na tomada de decisões em temas de interesse coletivo.

Apesar de algumas abordagens participativas defenderem que a simples “inclusão” de atores na mesa de decisão resultaria automaticamente no seu empoderamento e na construção de uma gestão democrática, o domínio histórico do Estado sobre a participação do cidadão ainda gera muitas assimetrias nos modelos de gestão vigentes (TORRES, 2016).

Em se tratando de governança das águas pluviais urbanas, pode-se diretamente citar a responsabilidade da Lei do Saneamento Básico sobre os municípios, que impõe a formulação de Políticas Municipais de Saneamento Básico, por meio da implementação de Conselhos

Municipais de Saneamento Básico ou das Cidades, cumprindo o disposto na Lei no que tange ao planejamento, regulação, controle social e direitos do consumidor em serviços de forma direta.

Em conjunto com os princípios apresentados pela Lei do Saneamento Básico, a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) viabiliza a execução do Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento (PEAMSS). Esta permite uma intervenção conjunta entre os diversos atores da sociedade, com o intuito de contribuir para o enfrentamento da realidade do saneamento básico no Brasil por meio do estímulo de diversos atores sociais a contribuir ativamente, aportando suas potencialidades e competências, em um permanente processo de construção coletiva.

Seguindo os modelos implantados na cidade de Seattle, nos Estados Unidos (item 4.5.3) e na cidade de Auckland, na Nova Zelândia (item 4.5.6), e tomando o exemplo da adequação jurídica com o envolvimento da população na cidade de Curitiba, no Paraná (4.5.13), a cidade do Rio de Janeiro conta com um instrumento de inclusão social, de iniciativa popular e de plebiscito, eficaz na Lei Orgânica Municipal vigente, conforme lê-se no artigo 80:

“Art. 80 – A iniciativa popular pode ser exercida:

I – pela apresentação à Câmara Municipal de projeto de lei subscrito por cinco por cento do eleitorado do Município, ou de bairros;

II – por entidade representativa da sociedade civil, legalmente constituída, que apresente projeto de lei subscrito por metade mais um de seus filiados;

III – por entidades federativas legalmente constituídas que apresentem projeto de lei subscrito por um terço dos membros de seu colegiado.

Parágrafo único – Caberá ao Regimento Interno da Câmara Municipal assegurar e dispor sobre o modo pelo qual os projetos de iniciativa popular serão defendidos na tribuna da Câmara Municipal por um dos seus signatários.”

No entanto, os atores sociais não contam com o mesmo interesse, a mesma habilidade política e, muitas vezes, com o conhecimento técnico-científico capazes de manter uma equidade de influência nos processos de tomada de decisão. Sendo assim, a criação de fóruns de debate com uma composição de equivalência entre Poder Público e Sociedade Civil Organizada deve ser incentivada, a fim de minimizar os conflitos, que naturalmente surgem nos processos de construção social.

Os modelos de inclusão social praticados no território municipal deverão ser incentivados e fortalecidos, a fim de que as iniciativas já estabelecidas não sejam esvaziadas e

nem sufocadas de “cima para baixo”, como historicamente tem ocorrido. O controle social na drenagem urbana da cidade do Rio de Janeiro, será tratado no item 6.3.2, adiante, quando da apresentação da proposta de criação do Conselho de Drenagem Urbana da Cidade do Rio de Janeiro.

Além disso, no recorte geográfico delimitado para este estudo – a Ilha do Governador – foram mapeadas diversas áreas de favelas, que apresentam fragilidade socioambiental e necessitam de um olhar mais inclusivo para que as Soluções baseadas na Natureza (SbN) e propostas de modelos de gestão das águas pluviais obtenham o devido êxito.

A Prefeitura da Cidade do Município do Rio de Janeiro tem implementado programas, projetos e ações, que visam à inclusão da população da cidade – entendida no sentido amplo: social, política, cultural e econômica – principalmente a parcela mais vulnerável da população, que estatisticamente tem ocupado áreas de favela em todo território municipal.

O Quadro 39 mostra o resumo dos Programas de Inclusão Social da administração pública municipal, que o Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP) tem publicado, com o envolvimento de diversas secretarias e empresas públicas, para:

- divulgar entre gestores e técnicos dos órgãos municipais o que a Prefeitura está fazendo na área de inclusão; e
- servir de subsídio para que a Prefeitura implemente políticas públicas cada vez mais coordenadas e integradas entre si.

Quadro 39 – Resumo dos Programas de Inclusão Social da cidade do Rio de Janeiro

PROGRAMA	ÓRGÃOS RESPONSÁVEIS	OBJETIVOS
Programa de Ampliação da Coleta Seletiva com Inclusão de Catadores de Materiais Recicláveis	COMLURB, SMAC, BNDES e Governo Federal	Ampliar a coleta seletiva na cidade e promover a inclusão socioproductiva de catadores de materiais recicláveis, trazendo benefícios socioambientais para a população e ganhos para a limpeza urbana. Objetiva a divulgação do programa, a intensificação da educação sanitária e ambiental, a capacitação dos catadores para a autogestão e a ampliação da coleta seletiva da COMLURB.
Rio+Social	IPP e ONU-Habitat	Integrar e aprimorar as ações da Prefeitura nas áreas pacificadas, por meio: i) das equipes de Gestão Territorial; ii) da equipe de Gestão Institucional; iii) da área de Mobilização e Parcerias; e iv) da Gerência de Estudos Habitacionais.
Armazém de Dados	IPP e IBGE	Promover a produção, análise e disseminação de informações sobre o Rio de Janeiro através do Armazém de Dados, possibilitando uma participação mais qualificada e maior engajamento do cidadão nas discussões sobre as políticas públicas em curso e o planejamento da cidade.
Sistema de Assentamentos de Baixa Renda (SABREN)	IPP, SMH, SMU, IBGE e Defesa Civil	Disponibilizar a consulta de informações sobre assentamentos de baixa renda (favelas e loteamentos) cadastrados pelo IPP.

Mapa Participativo da Cidade do Rio de Janeiro	IPP e Fiocruz	Proporcionar um diagnóstico da cidade através dos próprios cidadãos. A partir da disponibilização da base cartográfica da cidade, os moradores podem mapear informações de interesse coletadas, utilizando recursos <i>desktop</i> ou <i>smartphone</i> .
Mapeamento de logradouros de favelas	IPP	Mapear e incluir o georreferenciamento dos logradouros na base corporativa da Prefeitura, no portal de informações do IPP, o Armazém de Dados.
Hortas Cariocas	SMAC e COMLURB	Apoiar as hortas comunitárias e escolares em parceria com associações de moradores e a COMLURB.
Mutirão Reflorestamento	SMAC	Reduzir os danos e riscos causados pela ocupação desordenada por meio do plantio de novas mudas em áreas degradadas. Além de procurar diminuir esses efeitos, o programa aumenta a oferta de trabalho local, recrutando agentes da própria comunidade, em sistema de mutirão remunerado.
Programa de Educação Ambiental em Áreas de Reflorestamento (PEAR)	SMAC	Dar apoio pedagógico ao Programa Mutirão Reflorestamento, por meio da: seleção e capacitação de Agentes Ambientais (moradores locais) para atuarem nas comunidades beneficiadas; realização de diagnósticos socioambientais participativos; e articulação e promoção de parcerias com entidades comunitárias.
Guardiões dos Rios	SMAC, COMLURB, Rio-Águas, Defesa Civil, SME e SMS	Recolher sistematicamente resíduos urbanos em algumas comunidades que ficam ao longo dos cursos d'água, promovendo a conscientização ambiental das comunidades envolvidas e realizando, onde for possível, a revegetação das margens.
Morar Carioca	SMH, SMDS, SME e SMU	Promover a inclusão social, através da integração urbana e social completa e definitiva de todas as favelas do Rio de Janeiro.

Fonte: Catálogo do Programas de Inclusão do IPP, 2010.

As questões de inclusão social nos municípios brasileiros ainda são muito sensíveis às “vontades” políticas de seus gestores. Inclusão social é um fenômeno dinâmico, em constante construção, no qual novos projetos são criados, outros são encerrados e outros, ainda, são interrompidos ou reajustados na medida em que são implementados, para uma sociedade mais justa, menos desigual e mais sustentável.

6.3.2. Proposta de um Conselho Municipal de Drenagem Urbana

O resultado do movimento de reivindicação do direito da participação popular na gestão pública está registrado no parágrafo único, do artigo 1º, da Constituição Federal do Brasil, sob o entendimento de que “todo poder emana do povo, que o exerce por meio de representantes eleitos ou diretamente” (BRASIL, 1988). A Constituição de 1988 prevê a participação direta dos cidadãos por meio dos denominados institutos de democracia direta ou semidireta, tais como os conselhos, sejam em instância federal, estadual, distrital ou municipal, representando uma forma concreta de participação social.

A Constituição de 1988, conforme disposto no inciso II, do artigo 204, garante a “participação da população por meio de organizações representativas, na formulação das políticas e no controle das ações em todos os níveis”, objetivando o bem-estar e justiça sociais.

Desta maneira, fica instituído um novo modelo de gestão de discussão e deliberação de políticas públicas, baseado em uma esfera pública não estatal, fomentando o controle social e a fiscalização da atuação do Estado: o Conselho.

Os conselhos de políticas públicas são a base de sustentação da participação social, onde a sociedade civil pode se apropriar de seus direitos por meio da participação direta. Além disso, a criação dos conselhos municipais e a manutenção das condições para o seu funcionamento, consiste em categorias obrigatórias para que os municípios possam receber recursos do Governo Federal para o desenvolvimento de seus serviços, programas e projetos.

O artigo 126 da Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro prevê a manutenção de um Conselho Municipal como órgão de assessoramento administrativo, e indica que lei municipal definirá a sua composição, as suas atribuições, os seus deveres e responsabilidades, o que assegura a participação das entidades representativas da sociedade civil (RIO DE JANEIRO, 1990).

Em complementação, o artigo 127 define os Conselhos Municipais como auxiliares da administração pública na análise, planejamento, formulação e aplicação de políticas, na fiscalização das ações governamentais e nas decisões de matéria de sua competência; e de caráter exclusivamente consultivo, como se pode observar, a seguir:

“Art. 127 – Os Conselhos terão por finalidade auxiliar a administração pública na análise, planejamento, formulação e aplicação de políticas, na fiscalização das ações governamentais e nas decisões de matéria de sua competência.

§ 1º Os Conselhos terão caráter exclusivamente consultivo, salvo quando a lei lhes atribuir competência normativa, deliberativa ou fiscalizadora.

§ 2º Os Conselhos terão dotação orçamentária específica e infraestrutura adequada à realização de seus objetivos.

§ 3º - A lei criará, dentre outros, os seguintes Conselhos:

I - de Direitos Humanos;

II - de Defesa do Consumidor;

III - de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia;

IV - de Defesa da Criança e do Adolescente;

V - de Cultura;

VI - de Saúde;

VII - de Desporto e Lazer;

VIII - de Política Urbana;

IX - de Meio Ambiente.”

As questões relacionadas à gestão das águas pluviais não foram tratadas como um item de infraestrutura a ser contemplada com uma dotação orçamentária específica. Sendo assim, pode-se afirmar, inicialmente, que o tema teria uma proximidade ou aderência às questões de

Política Urbana ou de Meio Ambiente. Entretanto, ao listar os objetivos dos dois conselhos não ficam explícitas nenhuma atribuições referentes às águas das chuvas.

Para o modelo apresentado na cidade de Auckland, na Nova Zelândia (item 4.5.6), que descreve a criação do Conselho das Águas Pluviais como uma solução para o sucesso da gestão compartilhada daquela fonte de recurso natural; e o modelo de administração regional das águas da região de Marselha-Provença (item 4.5.11), entende-se que a cidade do Rio de Janeiro tem respaldo legal para a constituição de um Conselho Municipal de Drenagem Urbana.

O item 4.5.13 desta tese apresentou o modelo de gestão de águas pluviais da cidade de Curitiba, no Paraná, que instituiu o Plano Diretor de Drenagem Urbana a partir da elaboração de diversos relatórios técnicos temáticos, e entre eles destaca-se o segundo volume, que apresenta as políticas e ações não estruturais para o controle do solo urbano, de modo a minimizar os impactos de cheias no município.

O relatório técnico da cidade de Curitiba propôs a adequação jurídica como uma das ações não estruturais para o controle do uso e ocupação do solo urbano, bem como a gestão da água do escoamento urbano (drenagem urbana), a fim de “minimizar o impacto resultante do desenvolvimento de qualquer novo espaço urbano sobre a população e ao meio ambiente urbano” (CURITIBA, 2017b).

O desenvolvimento daquele relatório indicou uma etapa de elaboração de uma proposta de lei, que consistia na complementação das leis já existentes, nas restrições técnicas pertinentes e na análise jurídica. Naquele momento, a cidade de Curitiba propunha a criação do Sistema Municipal de Drenagem Urbana, instituindo o Conselho Municipal de Drenagem Urbana, cuja composição, organização, competência e funcionamento seriam definidos em regulamentação futura.

A Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro (Rio-Águas), criada pela Lei Ordinária n.º 2.656 em 23 de junho de 1998, órgão vinculado à Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade (SMAC), tem como finalidade gerir e supervisionar as atividades referentes ao manejo de águas pluviais, à prevenção e controle de enchentes e ao saneamento da Cidade do Rio de Janeiro, de acordo com sua área de atuação.

A estrutura organizacional da Fundação Rio-Águas conta com 4 (quatro) órgãos de apoio à Presidência: Conselho Curador, Conselho Consultivo, Conselho Fiscal e Diretoria Colegiada; 3 (três) assessorias: Assessoria Técnica Especial de Planejamento, Programação e Monitoramento, Assessoria de Controle de Dados e Informação e Assessoria Jurídica; e (cinco) diretorias: Diretoria de Estudos e Projetos, Diretoria de Administração e Finanças, Diretoria de Saneamento, Diretoria de Análise e Fiscalização e Diretoria de Obras e Conservação.

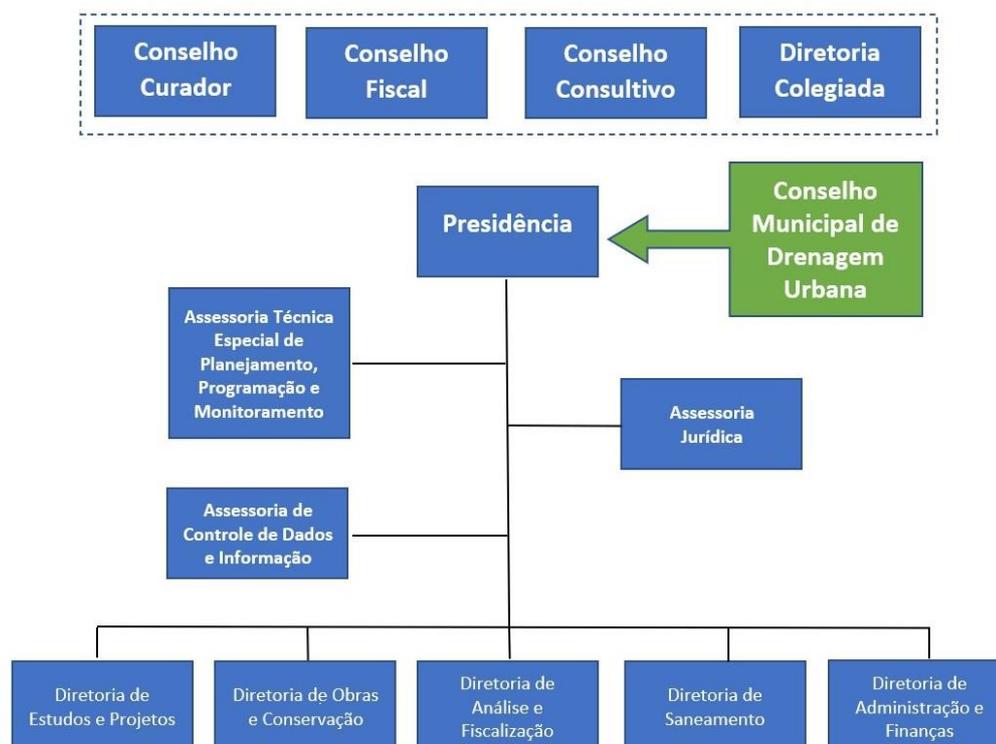
O Estatuto da Fundação Rio-Águas instituído pelo Decreto Municipal n.º 16.887 de 29 de julho de 1998, alterado pelo Decreto Municipal n.º 38.054 de 8 de novembro de 2013, regulamenta os membros representantes e os objetivos de cada órgão de apoio à Presidência, conforme mostrado no Apêndice A (pág. 347)

A partir da avaliação da composição (membros representantes) e dos objetivos de cada conselho de apoio à gestão da Fundação Rio-Águas, pode-se afirmar que o modelo atual não possui uma representatividade tripartite entre poder público, usuários de serviços de saneamento e sociedade civil. Além disso, segundo o Estatuto da Fundação Rio-Águas⁷⁰, compete à Presidência encaminhar à apreciação do Conselho Curador – o único conselho citado – todos os assuntos que lhe devam ser submetidos para aprovação.

Sendo assim, como modelo de gestão das águas pluviais, propõe-se uma mudança na estrutura organizacional da Fundação Rio-Águas para a inclusão de um conselho especialmente dedicado à drenagem urbana, intitulado Conselho Municipal de Drenagem Urbana da Cidade do Rio de Janeiro, de caráter deliberativo e de representação paritária de poder público e da sociedade civil, nos moldes do Conselho de Meio Ambiente, já estabelecido no art. 129 da Lei Orgânica do Município, e em consonância com a Lei do Saneamento Básico, conforme proposta da Figura 112.

⁷⁰ Instituído pelo Decreto Municipal n.º 16.887 de 29 de julho de 1998 e alterado pelo Decreto Municipal n.º 38.054 de 8 de novembro de 2013.

Figura 112 – Proposta de alteração na estrutura organizacional da Fundação Rio-Águas, com a inclusão do Conselho Municipal de Drenagem Urbana da Cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Adaptado da Fundação Rio-Águas, 2022.

6.3.3. Visão Rio 500 e o Planejamento Estratégico

O Art. 107-A da Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro⁷¹ determina que o “Prefeito, eleito ou reeleito, apresentará o Plano Estratégico de sua gestão, até 180 (cento e oitenta) dias após sua posse, o qual conterà os objetivos do governo, as diretrizes setoriais, as iniciativas estratégicas, os indicadores e metas quantitativas para cada uma das áreas de resultado da Administração Pública Municipal, observando, no mínimo, as diretrizes de sua campanha eleitoral e seus objetivos, as diretrizes e as demais normas do Plano Plurianual” (RIO DE JANEIRO, 1990).

Diante desta alteração, a administração pública identifica o Plano Estratégico como um processo dinâmico e interativo a fim de atingir as metas alinhadas aos 17 (dezessete) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da cidade do Rio de Janeiro (Figura 113), possibilitando as

⁷¹ Redação acrescida pela Emenda à Lei Orgânica n.º 12/2002.

ações do município e o monitoramento de políticas públicas a serem realizadas ao longo de 4 (quatro) anos de governo.

Figura 113 – 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU, 2022.

Dentre as atribuições previstas na Lei, as metas são elaboradas e fixadas, a considerar: (a) a ação para o desenvolvimento ambiental, social e a economia sustentável, conforme critérios de inclusão social; (b) a promoção e defesa dos direitos fundamentais individuais e sociais; (c) a promoção do meio ambiente ecologicamente equilibrado; (d) o atendimento das funções sociais da cidade; (e) e a universalização do atendimento dos serviços públicos (RIO DE JANEIRO, 2021f).

Com a finalidade de fomentar o carácter institucional e transversal do Plano Estratégico, a Prefeitura fica obrigada a pautar suas políticas públicas pelas metas que compõem os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, adotando a Agenda 2030, conforme compromisso subscrito pela República Federativa do Brasil na Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável.⁷²

O modelo da cidade de Seattle, nos Estados Unidos, apresentado no item 4.5.3 desta tese, mostra o Programa *RainWise*, orienta a população sobre as técnicas sustentáveis de

⁷² Lei Municipal n.º 6.906 de 24 de maio de 2021.

aproveitamento e gestão das águas pluviais, sob o conceito de desenvolvimento sustentável discutido pela ONU.

A cidade de Joanesburgo, na África do Sul, apresentado no item 4.5.10 desta tese, desenvolve uma política de água básica para todos e indica a utilização das águas pluviais como recurso hídrico de abastecimento da rede pública, igualmente sob a justificativa de desenvolvimento sustentável discutido pelas Nações Unidas.

O Projeto SWITCH e a Trama Verde-Azul, apresentados no item 4.5.12 desta tese, são modelos de gestão da cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais, que propõem a recuperação de áreas de proteção, o aumento das áreas verdes urbanas, a redução dos riscos provenientes da ação antrópica, com vistas à proteção do patrimônio ambiental, cultural e histórico, em consonância com o desenvolvimento sustentável proposto pela ONU.

Diante disso, entende-se que a cidade do Rio de Janeiro possui arcabouço legal e políticas de Estado alinhados com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas. Pode-se considerar, então, a proposta de um modelo sustentável de gestão de águas pluviais, que inclua ações estruturais e não estruturais que estejam em consonância com as metas dos objetivos n.º 6 – “Água Potável e Saneamento” e n.º 11 – “Cidades e Comunidades Sustentáveis”, que são descritos no Quadro 40.

Quadro 40 – Metas n.º 6 e n.º 11 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Objetivo	Metas
	<p>6.1 – Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos;</p> <p>6.2 – Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade;</p> <p>6.3 – Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente;</p> <p>6.4 – Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água;</p> <p>6.5 – Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado;</p> <p>6.6 – Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos;</p> <p>6.a – Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso; e</p>

	<p>6.b – Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.</p>
	<p>11.1 – Até 2030, garantir o acesso de todos à habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas; 11.2 – Até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos; 11.3 – Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países; 11.4 – Fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo; 11.5 – Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e substancialmente diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade; 11.6 – Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros; 11.7 – Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência; 11.a – Apoiar relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, periurbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento; 11.b – Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis; e 11.c – Apoiar os países menos desenvolvidos, inclusive por meio de assistência técnica e financeira, para construções sustentáveis e resilientes, utilizando materiais locais.</p>

Fonte: ONU, 2022.

O primeiro produto de planejamento local da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, com base nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e com visão do que a população carioca espera para sua cidade a longo prazo, foi o documento “Rio do Amanhã – Visão Rio 500”, indicando a estrutura da cidade desejada para 2065, quando fará 500 anos.

Neste documento surgem os primeiros alicerces para consolidação de políticas municipais com base em temas transversais e de múltiplas finalidades, com maior integração de ações para a ampliação de resultados, bem como o alinhamento com o Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro.

O Visão Rio 500 possui uma linha temporal mais extensa, sendo o plano vigente de mais longo prazo para a cidade, o que permite um debate aberto com a sociedade, e faz uso de plataformas colaborativas e de rede de instituições parceiras, bem como formula metas regionalizadas e discussão das questões metropolitanas.

Sendo assim, esta tese apresenta a proposta de inclusão do tema “Águas Pluviais” nas discussões de âmbito do Planejamento Estratégico, referentes aos objetivos que tratem de “Água Potável e Saneamento” e “Cidades e Comunidades Sustentáveis”, com este modelo de gestão das águas pluviais uma estratégia hídrica para a redução de futuros impactos na cidade.

6.4. Monitoramento Remoto

A Cidade do Rio de Janeiro é naturalmente um ambiente exposto aos impactos naturais decorrentes de eventos extremos de chuva e apresenta inúmeros pontos de vulnerabilidade, que necessitam de monitoramento constante. Por esta razão, o sistema de alerta de chuvas intensas e de deslizamentos em encostas da cidade – o Alerta Rio⁷³ – foi criado com o objetivo de emitir “Boletins de Alerta” à população sempre que houver previsão de chuvas intensas que possam gerar inundações de vias públicas e/ou acidentes geotécnicos em encostas (deslizamentos).

Gerenciado pela Fundação GEO-RIO, o sistema Alerta Rio conta com uma rede de 33 estações telemétricas, que transmitem dados de chuva, vento, temperatura, umidade do ar e pressão atmosférica, espalhadas por todas as regiões da cidade, com envio de dados em tempo real, a cada 15 minutos, para uma central de dados, onde uma equipe (meteorologistas, engenheiros, geólogos e técnicos) realiza o monitoramento das condições do tempo e manutenção da rede de equipamentos 24 horas por dia, 7 dias por semana.

Em situações de previsão de chuvas intensas para o Rio de Janeiro, os alertas são emitidos para os órgãos da Prefeitura envolvidos na mitigação dos danos causados por chuva forte, como Defesa Civil e Fundação Rio-Águas, bem como para a população por meio dos canais do Alerta Rio na internet e pela imprensa.

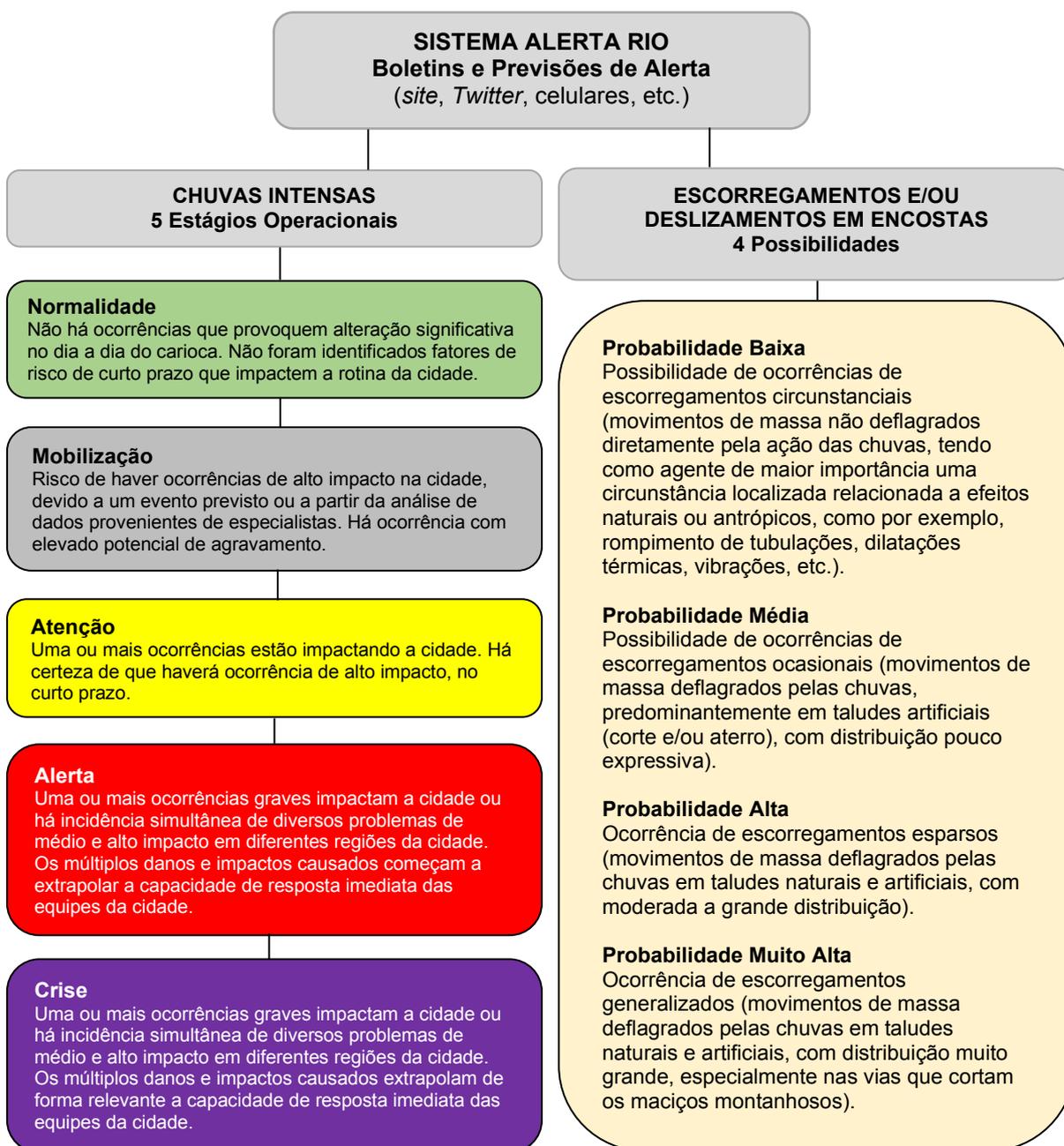
O outro órgão municipal que contribui para o sistema de monitoramento remoto na cidade do Rio de Janeiro é o Centro de Operações Rio (COR), que funciona como quartel general de integração das operações urbanas, além de monitorar e minimizar os impactos na rotina do cidadão ou durante a realização de grandes eventos, durante 24 horas por dia, 7 dias por semana.

O COR antecipa soluções, com a emissão de alertas aos setores responsáveis sobre os riscos e as medidas urgentes que devem ser tomadas em casos de emergências, como: chuvas intensas e deslizamentos em encostas. A alta tecnologia e os *softwares* permitem que todas as informações fornecidas pelas agências integradas e por diversos tipos de sensores estrategicamente posicionados possam ser visualizadas em tempo real no centro operacional, o que viabiliza tomadas de decisões mais adequadas em situações de crise.

⁷³ Criado pelo Decreto Municipal n.º 15.142 de 25 de setembro de 1996.

A Figura 114 mostra os 5 estágios operacionais, com suas respectivas cores (verde, cinza, amarelo, vermelho e roxo), e as 4 possibilidades de risco de deslizamento, para a emissão de boletins e previsões de alerta para a população da cidade do Rio de Janeiro.

Figura 114 – Estágios operacionais e possibilidades de risco de deslizamentos do Sistema Alerta Rio



Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2022.

6.4.1. Geoprocessamento e Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Na antiguidade, a manipulação dos dados geográficos era feita por meio de mapas e outros documentos impressos ou desenhados, porém, com o advento da informática a partir da metade do século XX, , esses dados passaram a serem tratados por meio de um conjunto de técnicas matemáticas e computacionais, denominadas de Geoprocessamento (CÂMARA *et al.*, 2001).

Apesar de apresentar definições controversas, Câmara *et al.* (2001) afirmam que a Ciência da Geoinformação é uma ciência com o objetivo de “estudo e implementação de diferentes formas de representação computacional do espaço geográfico”, pois trabalhar com a geoinformação “significa, antes de mais nada, utilizar computadores como instrumentos de representação de dados espacialmente referenciados”.

De uma forma geral, o geoprocessamento é um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando *softwares*, *hardwares* (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados, com a finalidade de manipular, avaliar e gerar produtos, geralmente cartográficos, relacionados à localização de informações sobre a superfície da terra (PIROLI, 2010).

Segundo Piroli (2010), os principais componentes do geoprocessamento são a informática e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que são sistemas de informações destinados a trabalhar com dados referenciados a coordenadas espaciais, normalmente constituídos por programas e processos de análise, que têm como característica principal relacionar uma informação de interesse com sua localização espacial.

Atualmente, tem-se observado uma considerável expansão das geotecnologias, bem como da nanotecnologia e biotecnologia, em mercados emergentes que utilizam o georreferenciamento e as tecnologias SIG como ferramenta investigativa para subsidiar a análise e tomada de decisão, tanto no mundo corporativo, quanto no âmbito da gestão pública (PIROLI, 2010).

Um exemplo de uso desta ferramenta na gestão pública é a análise dinâmica de difusão espacial das doenças e suas relações com o ambiente, em prática no Sistema Único de Saúde (SUS), identificando as áreas de risco, que mereçam a intensificação e/ou priorização de

medidas de contenção, bem como interrelacionando “quem” está doente, “como” está sendo tratado e “onde” está funcionando o serviço de saúde (BARCELLOS *et al.*, 2002).

Barcellos *et al.* (2002) afirmam, ainda, que com o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG)⁷⁴, a implantação de endereços nos registros de saúde e o uso crescente de Sistemas de Posicionamento Global (GPS)⁷⁵ nas ações de vigilância em saúde, é possível dispor estes eventos de saúde na forma de pontos em um mapa com escala municipal, com a permissão do uso destas informações, como:

- ferramenta para produção de mapas e para geração e visualização de dados espaciais;
- suporte para análise espacial de fenômenos e para a combinação de informações espaciais; e
- bancos de dados geográficos, para armazenamento e integração de informações espaciais.

Portanto, a aplicação do SIG e outras geotecnologias, tais como o sensoriamento remoto, GPS e geoprocessamento, têm sido um fator contribuinte na administração pública, e determinante na elaboração de programas e projetos de zoneamento ambiental, planejamento e gestão territorial.

Os recursos do geoprocessamento estão cada vez mais tecnologicamente desenvolvidos, acessíveis e baratos, compondo uma diversidade de *softwares*, imagens de satélite e bases cartográficas digitais, livremente distribuídas, podendo ser usados em conjunto ou segmentado por diferentes usuários e permitindo a análise das interrelações entre diferentes fenômenos de interesse – o geoprocessamento auxiliando na tomada de decisões (PIROLI, 2010).

A Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro lançou em 2011 o *site* Armazém de Dados, que foi um projeto pioneiro do Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP) na transparência e desenvolvimento de informações estatísticas, mapas, estudos e pesquisas.

⁷⁴ Traduzido do inglês *Geographic Information System (GIS)*.

⁷⁵ Nomenclatura usual para *Global Positioning System (GPS)*.

Em 2017, o Armazém de Dados passa por uma reformulação gráfica e de conteúdo, e com o nome de Data.Rio apresenta um modelo de planejamento e de gestão da informação pública, normatizado pelo Sistema de Informações Urbanas (SIURB), composto por um vasto acervo de informações, como mapas, tabelas e aplicações SIG *Web*⁷⁶, o que melhorou e facilitou a administração da cidade, bem como garantiu maior visibilidade e interação com a população (DATA RIO, 2022).

A Figura 115 mostra alguns dados georreferenciados da cidade no Data.Rio, que mantém as informações e as bases digitais atualizadas e disponíveis para os seus usuários, conforme preconiza o artigo 265 da Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro, a seguir:

“Art. 265 – O Poder Executivo garantirá a existência de cartografia básica e o registro cadastral fundiário e de todos os elementos construídos no Município, para permitir a ordenação do território municipal.

§ 1º – A cartografia básica integrará o sistema de informações do Município e será executada com as especificações técnicas adequadas à elaboração de estudos, planos e projetos de desenvolvimento.

§ 2º – O registro cadastral fundiário e dos elementos construídos abrangerá todos os imóveis do Município, sujeitos ou não à tributação.

§ 3º – A atualização cartográfica e cadastral do Município será realizada periodicamente.”

Figura 115 – Dados georreferenciados disponíveis no Data-Rio



Fonte: DATA.RIO, 2022.

⁷⁶ Traduzido do inglês, *Web Geographical Information System (Web GIS)* é um SIG *on-line* de diálogo entre duas entidades: um servidor, onde são armazenados os dados; e um cliente, que geralmente é representado pelo navegador do computador do usuário.

As ferramentas usadas no geoprocessamento são diversificadas e tecnológicas, e sustentam a produção de conhecimentos sobre o meio ambiente, auxiliando nas políticas de preservação ambiental e recuperação de áreas degradadas (MAGNO *et al.*, 2021).

Diante deste contexto, propõe-se neste estudo que a gestão da informação sobre as questões relacionadas com as águas pluviais seja trabalhada no âmbito do conhecimento explícito, ou seja, os dados e informações já consolidados, deverão fazer parte do DATA.RIO, em campo específico, de modo a garantir a socialização das informações em tempo real em um processo contínuo de captação de dados com os aplicativos sugeridos no item 6.4.2, na medida em que cria estratégias para cenários futuros e possibilitam tomadas de decisão de maneira mais segura e assertiva.

6.4.2. A importância da TIC para a ampliação da participação da sociedade civil

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) tem apresentado uma modificação nos processos de produção de bens materiais e não materiais, exercendo transformações no modo do desenvolvimento das políticas institucionais, bem como na forma como as políticas públicas têm sido gerenciadas, produzindo novos valores sociais, culturais, econômicos e políticos (ARAÚJO *et al.*, 2015).

Segundo Sampaio *et al.* (2012), a crescente presença na sociedade das tecnologias digitais de informação e comunicação tem incentivado o debate acerca da deliberação e participação civil nas democracias contemporâneas, visto que as ferramentas *on-line* estão cada vez mais aptas a organizar, armazenar e expor informações de interesse geral em larga escala, motivando e possibilitando o envolvimento de grande contingente de cidadãos na vida pública.

No ambiente interconectado e estruturado da internet, as práticas colaborativas e interativas contribuem para o desenvolvimento e a construção do capital social, e promovem ações que fomentam a confiança, a reciprocidade e a criação, bem como o fortalecimento das redes sociais como, por exemplo, o *Facebook*, *Twitter*, *Wikipedia* ou *Instagram* (ARAÚJO *et al.*, 2015).

Na visão de Gomes (2005) pode-se afirmar que o aparecimento de novos meios de comunicação e o advento do formato *Web*, nos anos 90, contribuíram para melhorar a qualidade democrática do cidadão, ampliando as possibilidades de participação e inserindo uma maior

velocidade de interatividade, dando definição ao termo “democracia digital”⁷⁷ como sendo um conjunto de práticas democráticas que utilizam a internet como plataforma, meio ou apoio.

Entretanto, o conceito de democracia digital se amplia em 2011, quando Gomes contextualiza e-democracia como sendo:

“Qualquer forma de emprego de dispositivos (computadores, celulares, *smartphones*, *palmtops*, *ipads*...), aplicativos (programas) e ferramentas (fóruns, sites, redes sociais, mídias sociais...) de tecnologias digitais de comunicação para complementar, reforçar ou corrigir aspectos das práticas políticas e sociais do Estado e dos cidadãos, em benefício do teor democrático da comunidade política.” (GOMES, 2011, p.27 e 28)

Portanto, atualmente, é fato que o acesso à rede de informações facilitou a prática do exercício democrático, popularizado por meio das redes de banda larga móvel, em que o uso de *smartphones* e *tablets* tem sido o principal suporte para captação, produção, reprodução e transformação das informações, explicando muito do impacto político e social de tais tecnologias no conceito de participação cidadã na gestão pública.

Tal participação cidadã na gestão pública colaborou com o desenvolvimento do conceito de “governo eletrônico”⁷⁸, o que enriqueceu a democracia participativa e estimulou a contínua otimização da prestação de serviços do governo e da administração pública, por meio da transformação das relações internas e externas com uso da tecnologia, internet e novos meios de comunicação.

O uso dos aparelhos celulares tem permitido um acesso rápido e sem restrições de espaço, já que em qualquer lugar o cidadão pode acessar um serviço público ofertado pelo governo, basta ter um *smartphone* ou *tablet* coberto por uma rede móvel, dando definição ao termo “governo móvel”⁷⁹ como sendo a utilização eficiente de dispositivos sem fio, para o fornecimento, em tempo real, de serviços e informações em benefício dos usuários (HANADA, 2015).

Na verdade, o governo móvel é uma extensão do governo eletrônico, já que busca utilizar todos os tipos de tecnologia móveis, serviços, aplicativos e dispositivos da tecnologia da informação e comunicação a fim de tornar o governo eletrônico mais eficiente.

⁷⁷ Também citada, no contexto eletrônico, como: ciberdemocracia, democracia virtual ou e-democracia.

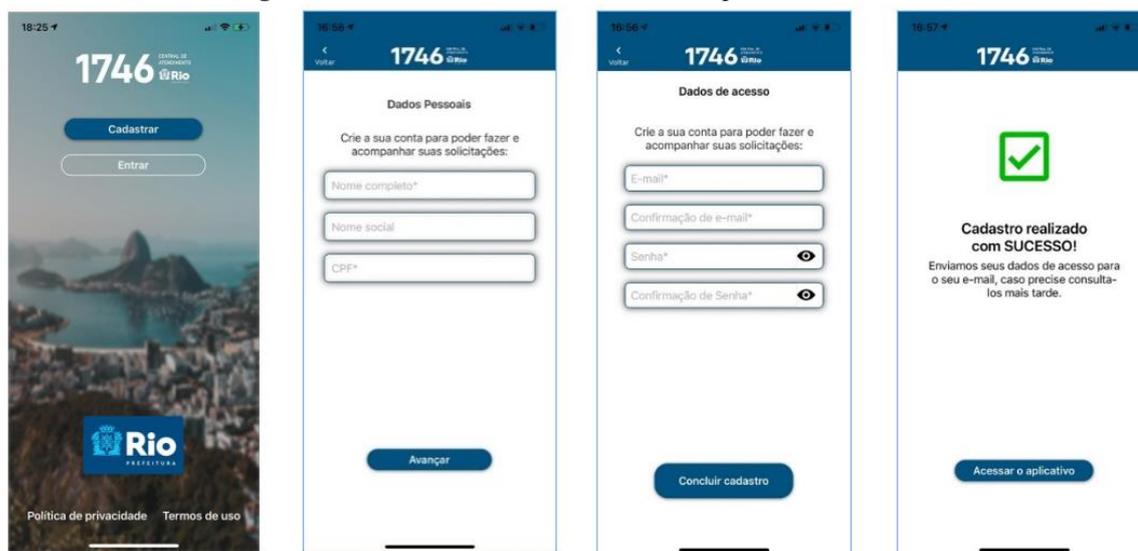
⁷⁸ Também citado como: e-governo, governo digital, *e-government* ou e-gov.

⁷⁹ Também citado como: m-governo, *m-government* ou m-Gov.

Portal 1746 da Cidade do Rio de Janeiro

A Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro disponibiliza o portal “1746 Rio” e o aplicativo “1746 Rio”, ambos administrados pela Empresa de Municipal de Informática do Rio de Janeiro (IplanRio), para que o cidadão, após o devido cadastramento na central de atendimento, possa solicitar diversos tipos de informações e de serviços públicos municipais, bem como acompanhar o andamento das solicitações já registradas, conforme mostrado na Figura 116.

Figura 116 – Cadastramento do cidadão no aplicativo 1746 Rio



Fonte: Adaptado do App 1746 Rio, 2022.

O aplicativo “1746 RIO”, seguindo exemplos internacionais como o *Mobile World Capital Barcelona* e o NYC 311, demonstra um exemplo prático do *m-government* aplicado a uma grande cidade brasileira, o Rio de Janeiro, prestando um serviço de relevância à administração pública, bem como ao próprio cidadão (HANADA, 2015).

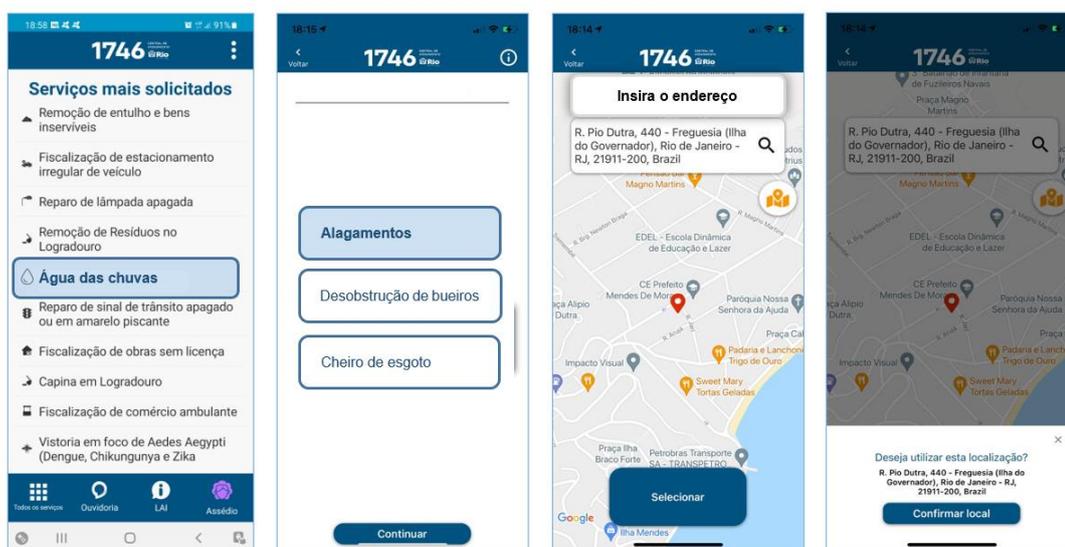
No intuito de propor um modelo de gestão das águas pluviais sob o pilar da participação democrática e com o uso da tecnologia da informação e comunicação, se faz necessário aplicar os conceitos de democracia digital, governo eletrônico e governo móvel, a fim de garantir uma proposta viável, que inclua os instrumentos e ferramentas já disponibilizados pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.

Proposta de ampliação do Portal 1746 para informações sobre inundações

Desse modo, como exemplo o modelo de gestão coordenado pelo centro de operações implantado na região de Marselha-Provença, na França, intitulado de *Le Ph@re*, descrito no item 4.5.11 desta tese, propõe-se a inclusão do serviço de informações sobre enchentes e inundações, sob o termo “alagamentos”, no aplicativo 1746 Rio, disponível nos sistemas operacionais Android e iOS, bem como no Portal 1746 Rio.

Igualmente ao *Le Ph@re* francês, sugere-se que o aplicativo disponibilize um campo de acesso aos usuários, como mostra a Figura 117, a fim de informar os pontos na cidade onde estejam ocorrendo alagamentos em tempo real, de modo a garantir uma gestão das águas pluviais, onde os cidadãos podem atuar como “sentinelas digitais”, fiscalizar os serviços e fornecer dados para a Prefeitura, que poderá tomar as decisões necessárias.

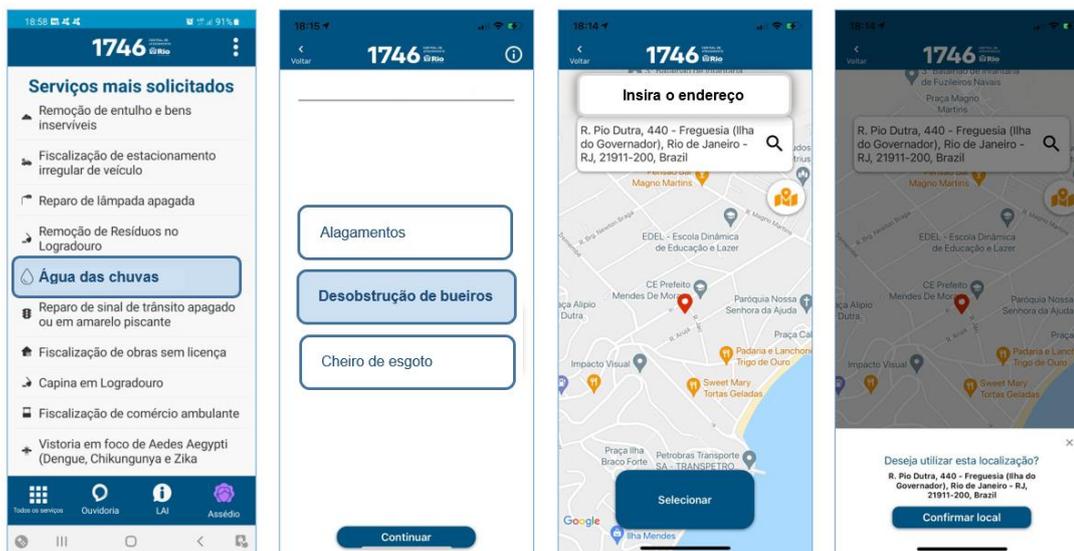
Figura 117 – Proposta de inclusão do serviço de informações sobre alagamentos no App 1746 Rio.



Fonte: Adaptado do App 1746 Rio, 2022.

Propõe-se, também, que o App 1746 Rio inclua um campo, sob o termo “Desobstrução de bueiros”, onde o cidadão possa fornecer o endereço ou simplesmente fazer a identificação por um simples toque no mapa disponibilizado na tela do *smartphone* ou *tablet* da localização do bueiro (boca de lobo) obstruído ou danificado, conforme mostra a Figura 118.

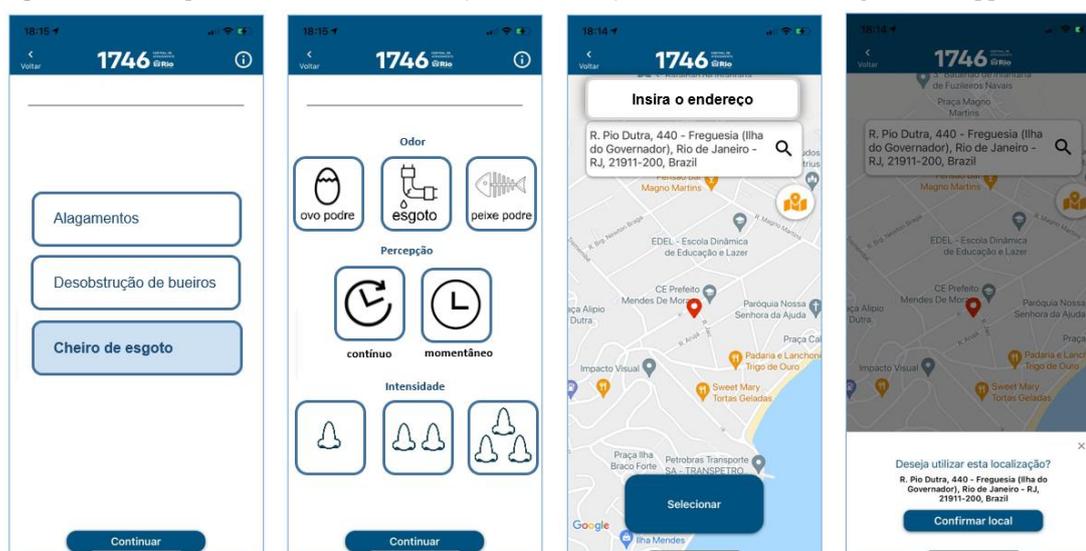
Figura 118 – Proposta de inclusão do serviço de informações sobre desobstrução de bueiros no APP 1746 Rio



Fonte: Adaptado do App 1746 Rio, 2022.

Por fim, propõe-se que o App 1746 Rio inclua um campo, sob o termo “Cheiro de esgoto”, que trate das informações sobre ligações clandestinas de esgotos sanitários na rede de drenagem pluvial. Neste campo, o cidadão poderá informar o tipo de odor característico identificado nas ruas, entre: ovo podre, esgoto ou peixe podre; a percepção temporal do odor, entre contínua ou momentânea; e a intensidade do odor, entre: fraca, média e forte, conforme mostrado na Figura 119.

Figura 119 – Proposta de inclusão do serviço de informações sobre cheiro de esgotos no App 1746 Rio.



Fonte: Adaptado do App 1746 Rio, 2022.

6.5. Adequação jurídica

A partir do modelo da cidade de Curitiba, no Paraná, mostrada no item 4.5.13 desta tese, entende-se que uma proposta de modelo de gestão das águas pluviais para a Cidade do Rio de Janeiro, que altere o modelo atual vigente, promova uma melhoria da qualidade ambiental da região e garanta os interesses coletivos locais, é perfeitamente passível de adequação jurídica sob os moldes constitucionais.

6.5.1. A legislação urbano-ambiental vigente

A Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro foi promulgada em 1990 e revisada em 2010, contendo com 492 artigos, acrescidos de 99 atos de disposições transitórias e suas respectivas emendas, que descrevem o conjunto de normas e de regras, e disciplinam o funcionamento da administração pública e dos poderes municipais.

De uma maneira geral, a Lei Orgânica pode ser considerada uma espécie de “Constituição do Município”, que garante a soberania popular nas questões de administração pública, conforme lê-se no artigo 3º:

“Art. 3º – A soberania popular se manifesta quando a todos são asseguradas condições dignas de existência, e será exercida:

I - pelo sufrágio universal e pelo voto direto e secreto com valor igual para todos;

II - pelo plebiscito;

III - pelo referendo;

IV - pela iniciativa popular no processo legislativo;

V - pela participação nas decisões do Município;

VI - pela ação fiscalizadora sobre a administração pública.”

Diante deste marco legal, fica claro que as propostas de: (a) criação de um Conselho Municipal de Drenagem Urbana (item 6.3.2); (b) implantação do PEU da Ilha do Governador (item 6.5.2); e (c) ajustes no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável (item 6.5.3), são possíveis diante da legislação urbana e ambiental vigentes na cidade do Rio de Janeiro, de modo a encontrar consonância entre as justificativas técnicas e jurídicas no modelo proposto nesta tese.

Além disso, a alínea “a”, do inciso IV, do artigo 30 da Lei Orgânica, confere ao município a competência de dispor sobre o plano diretor e os planos locais e setoriais de

desenvolvimento municipal; bem como proteger o meio ambiente e o patrimônio histórico, cultural e ecológico, conforme disposto na alínea “d”, no inciso VII, do supracitado artigo (RIO DE JANEIRO, 1990).

A Lei Orgânica estabelece as áreas de atuação do município, e deixa explícita a competência de instituir normas próprias de ordenação do território em relação ao zoneamento, às edificações, aos loteamentos e aos arruamentos; bem como o exercício de poder de polícia urbanística no intuito de multar e impor sanções aos infratores, conforme os incisos XVII, XVIII e XIX, do artigo 30, a seguir:

“Art. 30 (...) XVII – instituir normas de zoneamento, edificação, loteamento e arruamento, bem como as limitações urbanísticas convenientes à ordenação do território municipal, observadas as diretrizes da legislação federal e garantida a reserva de áreas destinadas a:

- a) zonas verdes e logradouros públicos;
- b) vias de tráfego e de passagem de canalizações públicas de esgotos e de águas pluviais;
- c) passagem de canalizações públicas de esgotos e de águas pluviais nos fundos dos lotes, obedecidas as dimensões e demais condições estabelecidas na legislação;

XVIII – exercer seu poder de polícia urbanística especialmente quanto a:

- a) controle dos loteamentos; (...)

XIX – executar, diretamente, com recursos próprios, ou em cooperação com o Estado ou a União, obras de:

- a) abertura, pavimentação e conservação de vias;
- b) drenagem pluvial;
- c) saneamento básico;
- d) microdrenagem, mesodrenagem, regularização e canalização de rios, valas e valões no interior do Município;
- e) reflorestamento; (...)

Vale ressaltar que quaisquer propostas de emenda poderão ser encaminhadas para a Câmara Municipal, por iniciativa popular, desde que subscrita por 0,3% (três décimos por cento) do eleitorado registrado na última eleição, com os dados dos respectivos títulos de eleitores, conforme previsto no artigo 68 da Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro.

Cabe ao município a formulação e administração de políticas públicas, planos, programas e projetos referentes ao aspecto territorial e à organização espacial, estabelecendo o uso e a ocupação do solo compatíveis com o seu processo de desenvolvimento, e especialmente quanto ao meio ambiente, ao saneamento básico e aos corpos hídricos, garantir princípios de conservação, recuperação e proteção das gerações atuais e futuras (Quadro 41).

Quadro 41 – Artigos da Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro que tratam do meio ambiente, do saneamento básico e dos corpos hídricos

Meio Ambiente	<p>Art. 460 – Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, patrimônio comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se à coletividade e em especial ao Poder Público o dever de defendê-lo, garantida sua conservação, recuperação e proteção em benefício das gerações atuais e futuras.</p>
	<p>Art. 461 – Incumbe ao Poder Público: [...]</p> <p>VII – promover a proteção das águas contra ações que possam comprometer o seu uso, atual ou futuro; VIII – proteger os recursos hídricos, minimizando a erosão e a sedimentação; IX – efetuar levantamento dos recursos hídricos, incluindo os do subsolo, para posterior compatibilização entre os seus usos múltiplos efetivos e potenciais com ênfase no desenvolvimento e no emprego de métodos e critérios de avaliação da qualidade das águas; X – estimular e promover o reflorestamento ecológico em áreas degradadas, sempre que possível com a participação comunitária, através de planos e programas de longo prazo, objetivando especialmente: a) a proteção das bacias hidrográficas, dos estuários, das nascentes, das restingas, [...].</p>
	<p>Art. 463 – São instrumentos, meios e obrigações de responsabilidade do Poder Público para preservar e controlar o meio ambiente: [...]</p> <p>IX – manutenção e defesa das áreas de preservação permanente, assim entendidas aquelas que, pelas suas condições fisiográficas, geológicas, hidrológicas, biológicas ou climatológicas, formam um ecossistema de importância no meio ambiente natural, destacando-se: a) os manguezais, as áreas estuarinas e as restingas; b) as nascentes e as faixas marginais de proteção de águas superficiais; [...].</p>
	<p>Art. 472 – O Poder Público é obrigado a: [...]</p> <p>II – garantir amplo acesso dos interessados às informações sobre fontes e causas de poluição e de degradação ambiental, os níveis de poluição, qualidade do meio ambiente, situações de risco de acidentes e a presença de substâncias potencialmente danosas à saúde na água potável, nos alimentos e nas areias das praias; [...]</p> <p>VI – condicionar a implantação dos dispositivos de captação e represamento de água, voltados para o aproveitamento hídrico, de forma a impedir impactos irreversíveis sobre o meio ambiente e sobre populações tanto a montante como a jusante do local de captação; [...].</p>
	<p>Art. 473 – Para a melhoria da qualidade do meio urbano, incumbe ao Poder Público: [...]</p> <p>III – garantir a participação da comunidade local organizada e o acompanhamento de técnicos especializados nos projetos de praças, parques e jardins.</p>
Saneamento Básico	<p>Art. 482 – O Município, em consonância com sua política urbana, o plano diretor e o plano plurianual, manterá programa anual de saneamento básico, para execução com seus recursos e, mediante convênio, com recursos da União e do Estado.</p>
Recursos Hídricos	<p>Art. 486 – Os lançamentos finais dos sistemas públicos e particulares de coletas de esgoto sanitário em corpos hídricos receptores deverão ser precedidos de tratamento adequado.</p> <p>§ 1º – Para efeitos deste artigo consideram-se corpos hídricos receptores todas as águas que, em seu estado natural, são utilizadas para o lançamento de esgotos sanitários.</p>
	<p>Art. 487 – É vedada a implantação de sistemas de coleta conjunta de águas pluviais e esgotos domésticos, patológicos ou industriais.</p>

Fonte: Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro, 2021.

Em 2002, uma emenda à Lei Orgânica definiu o plano diretor e os planos locais e setoriais de desenvolvimento como instrumentos de execução do planejamento municipal, assegurando a participação da sociedade civil na elaboração, acompanhamento, fiscalização da execução destes instrumentos no que concerne à definição de prioridades, objetivos de gastos públicos e formas de custeio.

A política urbana do Rio de Janeiro tem como objetivo fundamental a garantia de qualidade de vida dos habitantes e as funções sociais da cidade, a saber: o direito da população à moradia, transporte público, saneamento básico, água potável, serviços de limpeza urbana, drenagem das vias de circulação, energia elétrica, gás canalizado, abastecimento, iluminação pública, saúde, educação, cultura, creche, lazer, contenção de encostas, segurança e preservação, proteção e recuperação do patrimônio ambiental e cultural (RIO DE JANEIRO, 2021).

6.5.2. Proposta de aprovação do PEU da Ilha do Governador

O Projeto de Estruturação Urbana (PEU) é um conjunto de regras norteadas por políticas e ações definidas para orientar o desenvolvimento físico-urbanístico de um conjunto de bairros vizinhos com características semelhantes.

Segundo a Secretaria Municipal de Planejamento Urbano da Cidade do Rio de Janeiro, o PEU de uma determinada região deve considerar como conteúdos:

- adequação das diretrizes estabelecidas no Plano Diretor à dinâmica de ocupação do solo local;
- definição de parâmetros que regulam a intensidade de uso e ocupação do solo;
- indicação de áreas com restrição ao adensamento em função da capacidade de infraestrutura básica e dos projetos de melhoramentos previstos;
- estabelecimento dos padrões, da volumetria e das condições de edificação;
- diretrizes de localização espacial dos usos e das atividades;
- definição de uma estrutura viária básica, hierarquizada segundo funções exercidas no contexto local e municipal;

- revisão dos projetos de alinhamento dos logradouros, com definição das necessidades e das prioridades de implantação;
- definição de áreas de especial interesse diversas (urbanístico, social, ambiental, turístico ou funcional), com o estabelecimento dos parâmetros de ocupação, ações e intervenções específicas complementares;
- definição de áreas de preservação ambiental e do patrimônio construído;
- identificação de áreas frágeis de encosta e de baixada, quando for o caso, com a definição de regras para sua ocupação;
- indicação de áreas a serem contempladas com projetos urbanos e de melhorias na infraestrutura local; e
- definição de áreas a serem reservadas para implantação de equipamentos urbanos.

A legislação urbanística vigente para a Ilha do Governador foi aprovada pelo Decreto n.º 2.108, de 14 de março de 1979, que promoveu alterações no Decreto n.º 322, de 3 de março de 1976, consolidando a forma vigente até os dias de hoje. Ocorre que o bairro da Ilha do Governador foi oficialmente extinto em 23 de julho de 1981, e hoje se tornou a XX Região Administrativa da Ilha do Governador formada por quinze bairros.

Em 2015, o Poder Executivo encaminhou para a apreciação da Câmara dos Vereadores o Projeto de Lei Complementar n.º 107, que institui o PEU da Ilha do Governador – Plano de Estruturação Urbana dos bairros da Ribeira, Zumbi, Pitangueiras, Cacuia, Jardim Guanabara, Jardim Carioca, Praia da Bandeira, Cocotá, Bancários, Freguesia, Tauá, Moneró, Portuguesa, Galeão e Cidade Universitária, integrantes da XX RA, e dá outras providências.

O objetivo deste projeto de lei é apresentar parâmetros de zoneamento definidos pela Lei Complementar n.º 111, de 1º de fevereiro de 2011, que aprovou o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro, valorizar as vocações e potencialidades dos bairros, de forma a promover a sua revitalização e qualificação urbano ambiental, e garantir o equilíbrio entre ocupação, preservação ambiental e oferta de infraestruturas de transporte e de espaços livres.

O Poder Executivo prevê a requalificação do uso residencial, e permitir a convivência de algumas atividades de serviço compatíveis com o uso residencial, o que reforça as

centralidades locais e revitaliza os espaços, bem como incentiva a preservação da paisagem local protegendo áreas de relevância ambiental.

Os Artigos 17, 18, 19 e 20 do referido projeto de lei definem áreas frágeis de baixada como aquelas que concentram os pontos críticos de drenagem de águas pluviais ou aquelas que abriguem ambientes úmidos de baixada, e determinam a elaboração de um Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais (PDMAP) específico para os bairros da Ilha do Governador, com o conjunto de intervenções a serem efetuadas nas bacias de drenagem da região e poderá contemplar restrições adicionais aos parâmetros de: (i) cota de soleira das edificações; (ii) faixas *non aedificandi*; e (iii) permeabilidade do solo (RIO DE JANEIRO, 2015a).

Em relação à drenagem das águas pluviais, o projeto de lei incumbe a Prefeitura de identificar os pontos críticos, considerando os seguintes aspectos:

- áreas sujeitas a enchentes;
- pontos extravasores da rede de drenagem que contribuam para a poluição e sobrecarga dos rios receptores;
- desvios no curso dos rios canalizados que possam acarretar transbordos;
- características topográficas que dificultem o sistema de drenagem das águas pluviais e a localização das caixas de contenção de lixo que causem entupimento nas galerias; e
- interferências de outros serviços de infraestrutura.

De acordo com a Secretaria Municipal de Planejamento Urbano, o PEU é o instrumento normativo básico de intervenção urbanística para um bairro, ou conjunto de bairros, a sua aprovação deve estabelecer o cumprimento das etapas:

- 1 – definição da área objeto de estudo;
- 2 – estudos e levantamentos de campo;
- 3 – diagnósticos;
- 4 – proposta preliminar;
- 5 – audiências públicas; e

6 – elaboração de minuta de Lei Complementar.

Sendo assim, a elaboração da proposta preliminar e da minuta de Lei Complementar devem ser subsidiadas por reuniões com a sociedade civil, e complementadas pelos pareceres técnicos da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e demais órgãos competentes: Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade, Secretaria Municipal de Infraestrutura, Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro (RIO-ÁGUAS), Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro (GEO-RIO), Fundação Parques e Jardins (FPJ), Empresa Municipal de Urbanização (RIO URBE), Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP).

6.5.3. O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável 2021

A Secretaria Municipal de Planejamento Urbano da Cidade do Rio de Janeiro iniciou em 2019 a interlocução com os diversos segmentos da sociedade civil, a partir da formação de um Grupo de Interlocutores para a Revisão do Plano Diretor 2011, reunindo: associações de moradores e movimentos sociais, universidades, setores empresariais e produtivos, organizações não governamentais, entidades de classe e setores governamentais das três instâncias de governo, incluindo os membros do Conselho Municipal de Política Urbana (COMPUR) e do Comitê Técnico de Acompanhamento do Plano Diretor.

As reuniões plenárias têm discutido a busca de consensos e alinhamentos técnicos sobre as bases da Política Urbano-Ambiental (princípios, objetivos e diretrizes), do Diagnóstico Intersetorial Integrado, e do andamento das discussões sobre o Macro-ordenamento Territorial, bem como os fundamentos jurídicos em relação à questão da função social da cidade, da propriedade urbana e das metodologias de identificação de áreas socialmente vulneráveis.

O Plano Diretor 2011 instituiu uma Política Setorial carente de regulamentação e objeto de atualização e aprimoramento, composta por cinco sistemas estruturantes, a saber: (i) Sistema Integrado de Planejamento e Gestão Urbana; (ii) Sistema de Informações Urbanas; (iii) Sistema de Defesa da Cidade; (iv) Sistema de Controle do Uso e Ocupação do Solo; e (v) Sistema Integrado de Planejamento e Gestão Ambiental (RIO DE JANEIRO, 2021d).

A proposta do Plano Diretor 2021 considera as estratégias de planejamento para os próximos dez anos e tem como principais conteúdos: o ordenamento territorial; a instituição e aplicação de instrumentos de gestão do uso e ocupação do solo, ambientais e de patrimônio cultural; as normas para o parcelamento do solo; e as normas para o uso e ocupação do solo.

A política urbana da proposta possui uma preocupação com a preservação do meio ambiente em consonância com os preceitos da Agenda 2030⁸⁰ e seus Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, bem como com os princípios e diretrizes da Nova Agenda Urbana da Organização das Nações Unidas, desenvolvidos no Plano de Desenvolvimento Sustentável da Cidade do Rio de Janeiro.

No que tange às questões referentes ao melhoramento das condições urbano-ambientais da cidade, os princípios do novo plano diretor podem ser resumidos na seguinte forma:

- proteção e valorização do meio ambiente e da paisagem cultural promovendo o enfrentamento das mudanças climáticas e a preservação dos aspectos naturais e culturais da cidade;
- combate à exploração irregular do solo urbano, especialmente em áreas de preservação ambiental e sujeitas aos riscos de inundações e desabamentos;
- compartilhamento de responsabilidades entre o Poder Público e a iniciativa privada no cumprimento das normas e na gestão urbana;
- adoção, em todas as intervenções urbanas públicas e privadas, inclusive no licenciamento de edificações em geral, sob o conceito de Desenho Universal, entendido como a concepção de produtos, adaptação ou projeto específico, incluindo os recursos de tecnologia assistiva, de acordo com as normas técnicas sobre a matéria;
- democracia participativa, de forma a se promover uma ampla participação social;
- articulação intersetorial do planejamento urbano municipal;

⁸⁰ Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, o planeta e a prosperidade, composto por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 Metas, que buscam fortalecer a paz universal, erradicar a pobreza e promover vida digna para todos dentro dos limites do planeta, a fim de melhorar a vida das pessoas, agora e no futuro (ONU, 2015).

- universalização do acesso digital, dotando todo o território municipal de acesso a rede de internet de qualidade para subsidiar o acesso à educação, serviços e promover negócios locais.

A nova proposta do plano diretor reforça o entendimento do conceito de “paisagem cultural”, que é a interação entre o ambiente natural e a cultura, expressa na configuração espacial resultante da relação entre elementos naturais, sociais e culturais, e nas marcas das ações, manifestações e formas de expressão humanas (RIO DE JANEIRO, 2012).

Diante disso, as diretrizes relacionadas ao melhoramento das condições urbano-ambientais da cidade, e que fazem parte da proposta do novo plano diretor, podem ser resumidas como:

- a compatibilização entre as diversas escalas de planejamento, considerando o planejamento metropolitano, articulado com o macrozoneamento, o zoneamento e os projetos urbanísticos estruturadores das funções urbanas, dos espaços livres públicos e do desenho da micropaisagem;
- o planejamento da ocupação do solo baseado na capacidade de suporte e na disponibilidade de infraestrutura urbana, de forma a reduzir situações de vulnerabilidade e risco socioambiental, com base em critérios a serem aplicados às normas de proteção ambiental e cultural;
- a promoção da coexistência entre os diferentes usos, nas zonas e nas edificações, desde que compatíveis entre si, observados os mecanismos de controle de possíveis impactos no sistema viário, no meio ambiente e nas redes de infraestrutura e serviços públicos, incentivando a convivência dos diferentes estratos sociais;
- a preparação da cidade à mudança do clima, a partir da adoção de medidas capazes de mitigar ou evitar a interferência antrópica perigosa no sistema climático;
- a promoção de ações efetivas de adaptação aos impactos negativos da mudança do clima, protegendo principalmente as populações e ecossistemas mais vulneráveis;
- a adoção de Soluções baseadas na Natureza (SbN) em projetos, por meio da valoração da importância dos serviços ecossistêmicos, com vistas à redução de riscos de desastres e adaptação às mudanças climáticas;

- a definição de diretrizes de desenho resilientes para projetos urbanos e arquitetônicos, públicos e privados, visando a redução das vulnerabilidades socioambientais existentes e adaptação às condições futuras da mudança do clima;
- o controle da ocupação de faixas marginais de proteção de corpos hídricos, privilegiando a implantação de avenidas canais, áreas de lazer, ou replantio de mata ciliar, e o reassentamento da população localizada em áreas de risco, quando necessário;
- o aprimoramento de parâmetros edilícios e de desenho urbano para incentivar a eficiência energética, hídrica e da drenagem e a implantação de infraestrutura que não sobrecarregue os serviços públicos e o meio ambiente
- a não remoção das favelas e dos loteamentos irregulares e clandestinos de baixa renda, porém a urbanização e regularização, com a implantação de infraestrutura, saneamento básico, equipamentos públicos, áreas de lazer, reflorestamento e agricultura urbana, com vistas à integração às áreas formais da cidade;
- a proibição de construções em áreas consideradas impróprias pela administração municipal, como: (a) áreas de risco; (b) faixas marginais de proteção de águas superficiais; (c) áreas de preservação permanente e unidades de conservação da natureza; (d) áreas que não possam ser dotadas de condições satisfatórias de urbanização e saneamento básico; e (e) áreas frágeis de encostas, em especial os talvegues, e as áreas frágeis de baixadas.
- o incentivo à transição da abordagem tradicional para a abordagem inovadora de gestão de águas pluviais para áreas públicas, propriedades privadas e bacias hidrográficas urbanas, nos moldes do Quadro 42.

Quadro 42 – Transição de abordagem tradicional para abordagem inovadora de gestão das águas pluviais em áreas públicas, propriedades privadas e bacias hidrográficas urbanas

ÁREAS PÚBLICAS	
Abordagem Tradicional	Abordagem Inovadora
Pavimentação de todas as vias e passeios públicos e drenagem das águas das chuvas para o sistema de coleta por meio de sarjetas e meios-fios	Minimizar a largura (área) das estradas, remova todos os meios-fios e sarjetas e escoamentos diretos da infiltração na beira da estrada, use pavimento permeável (tanto quanto possível)
Construir uma rede de drenagem com lançamento direto das águas pluviais nos corpos d'água locais	Construir valas de retenção e <i>wetlands</i> para grandes chuvas, que detenham e reduzam as cargas de poluentes e sedimentos lançados nos corpos d'água
Construir áreas de estacionamento impermeáveis e direcionar o escoamento para a rede de drenagem	Construir áreas públicas de estacionamento com piso permeável ou com escoamento para bacias de detenção e <i>wetlands</i>
Permitir que os contaminantes que se acumulam na superfície das vias públicas sejam escoados para o sistema de drenagem	Promover o controle de fontes, minimizando o uso de produtos químicos poluentes, varrição de ruas para retenção de contaminantes e reabilitação de áreas contaminadas
PROPRIEDADES PRIVADAS	
Abordagem Tradicional	Abordagem Inovadora
Escoamento das águas dos telhados diretamente para a rede de drenagem ou para a rede de esgotamento sanitário	Instalação de telhados verdes, que detenham a água das chuvas e permitam alguma evapotranspiração
Captação das águas dos telhados por calhas e encaminhamento direto para a rede de drenagem ou para a rede de esgotamento sanitário	Conectar as calhas de captação das águas dos telhados a reservatórios ou cisternas para uso interno ou externo
Calçadas e passeios públicos pavimentados	Reduzir as superfícies impermeáveis, usando pavimento permeável ou poroso para permitir a infiltração da água no solo
Retirada da camada superficial do solo, para a realização de compactação durante a construção da casa	Prevenir a compactação do solo e restaurar a porosidade após a construção
Utilização de gramados ou jardins sobre fina cama de solo	Assegurar a manutenção pelo menos 30 cm do solo natural antes de plantar qualquer gramado ou jardim
Usar água potável para regar gramados e jardins	Usar as águas dos telhados para regar os jardins e os gramados
Remoção de árvores sob o risco de queda durante eventos de chuva	Plantar e manter árvores nas propriedades para manter o ciclo da água urbano e reduzir o risco do desequilíbrio
BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS	
Abordagem Tradicional	Abordagem Inovadora
Transportar as águas pluviais por tubulações, lançadas nas zonas de proteção ribeirinha (matas ripárias) e liberadas nos corpos d'água locais	Criar amplas zonas tampão ripárias e <i>wetlands</i> adjacentes a essas zonas para armazenar excesso de

	águas pluviais, a fim de reter sedimentos e poluentes, e filtrar a água excedente
Canalizando córregos e rios urbanos para aumentar a capacidade de vazão, minimizar a erosão das margens e acelerar a drenagem	Manter canais fluviais naturais para permitir o fluxo lateral e a retenção de águas pluviais na zona ribeirinha
Definir a planície de inundação e construir as estruturas de proteção das inundações (diques, barragens, piscinas, etc.) (proteção)	Designar áreas além da planície de inundação e na zona tampão ripária para servir de armazenamento temporário de águas pluviais durante eventos de inundação
Todos os sistemas de águas pluviais são conectados e suas saídas se tornam fontes pontuais de poluição lançadas nos córregos locais	Evitar efeitos cumulativos, que aumentam o fluxo e as cargas de poluição, direcionando toda a drenagem das águas pluviais primeiramente para os sistemas de infiltração e detenção

Fonte: O autor, 2022.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento das cidades é um tema que tem sido tratado com bastante regularidade em todos os países do planeta, em especial, quando se observam os impactos ambientais causados pela urbanização com pouco ou nenhum planejamento nos núcleos urbanos e periurbanos, com resultados observados em grandes prejuízos à população.

No Brasil, as questões relacionadas à gestão das águas pluviais nas cidades estão no rol dos itens mais citados nas agendas públicas dos governos municipais, bem como na preocupação das instituições de ensino superior, com discussões de inúmeras soluções e modelos, capazes de ressignificar a percepção do problema, transformando-o em oportunidade de aplicação de técnicas sustentáveis minimizadoras de impactos.

Essas questões são ainda mais graves, e mais facilmente identificadas, em cidades com déficits socioambientais mais evidentes, onde problemas de saneamento básico e de saúde coletiva, falta de segurança pública, falha no processo de educação ambiental e ausência da administração pública, associados à inexistência de políticas de planejamento urbano-ambiental, causam uma considerável redução da qualidade de vida da população.

Embora algumas iniciativas já gerem uma certa mudança deste cenário, as cidades brasileiras ainda precisam enfrentar as lacunas desta problemática sob uma visão de Estado, e não de governo, de modo a evitar que os modelos sustentáveis já implantados não sofram interrupções ou descontinuidades, por meio do incentivo da participação democrática e do controle social como verdadeiro exercício de cidadania.

Diante da complexidade do tema, esta tese tratou de utilizar uma visão conceitual transdisciplinar que permitisse analisar modelos nacionais e internacionais de gestão das águas pluviais não convencionais, baseados no Desenho e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LIUDD) e em Soluções baseadas na Natureza (SbN), com a valorização da inclusão social, para instituir uma proposta não tradicional para a cidade do Rio de Janeiro.

Metodologicamente, as pesquisas bibliográficas, o levantamento de dados e o acesso às melhores práticas de gestão em desenvolvimento nas áreas urbanas e periurbanas, permitiram que o desenvolvimento do estudo e o tratamento das informações lograssem êxito no

amadurecimento dos conceitos de gestão sustentável e integrada para a cidade do Rio de Janeiro.

Foi possível observar, também, que o sucesso na implantação destes modelos de gestão sustentável está diretamente relacionado à participação democrática nas políticas de governança local, onde a discussão acerca do controle e inclusão social permite evidenciar os impactos diretos da falta de planejamento urbano sobre a população. Sendo assim, um cenário de participação cidadã estimula os mecanismos de fiscalização e controle.

Por meio do trabalho de pesquisa histórica e de revisão de literatura sobre a gestão das águas pluviais da cidade do Rio de Janeiro e de algumas cidades do país e no exterior, e, paralelamente, sobre a situação das políticas municipais de saneamento básico no Brasil, pode-se concluir que um estudo de caso sobre a drenagem urbana na cidade do Rio de Janeiro é justificável e relevante.

Devido à complexidade do tema e à extensão territorial do município, a opção de utilização de um recorte geográfico para o levantamento de dados – a Ilha do Governador – foi uma decisão metodológica adequada diante das inúmeras características analisadas e dos inúmeros parâmetros de similaridade identificados na matriz de decisão utilizada, bem como na possibilidade de replicar o modelo para o restante do município e, conseqüentemente, para outros municípios ou cidades com características geopolíticas similares.

Além da caracterização do uso e ocupação do solo e das características detalhadas de impermeabilização da superfície escolhida, este estudo constatou uma redução da vazão de pico (deflúvio) após o ajuste hipotético do coeficiente de *run-off* em razão da aplicação das técnicas de Soluções baseadas na Natureza (SbN).

O cálculo de vazão de pico do escoamento superficial da Bacia de Captação Ilha das Enxadas – sub-bacia dentro do recorte geográfico – após a implantação hipotética de técnicas não convencionais resultou em uma redução de aproximadamente 54,7% da vazão inicial, apontando para o reconhecimento da viabilidade de implantação de técnicas sob o conceito de LIUDD na administração pública.

A utilização do geoprocessamento e do Sistema de Informação Geográfica (SIG) permitiu que fossem discutidas as atribuições e as aplicações de softwares, como o QGIS, em

um sistema integrado de apoio à gestão das águas pluviais, em dois momentos deste estudo, a saber: (a) quando da apresentação das técnicas não convencionais de drenagem urbana nos ativos potenciais de cada bairro do recorte geográfico escolhido; e (b) quando da elaboração dos mapas digitais temáticos, que servem de instrumentos de auxílio à tomada de decisões no centro de operações integrado.

A integração entre a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e os processos de inclusão social caracteriza um evidente modelo bem-sucedido de construção de governança local. Tendo em vista que a democratização da tecnologia permitiu aos cidadãos acessarem serviços públicos, emitirem sugestões e reclamações, fazerem escolhas, entre outras ações possíveis com o uso de *smartphones* e *tablets*, o exercício da democracia digital é uma forma prática, rápida e eficiente de controle social.

Entende-se, ainda, que a cidade do Rio de Janeiro possui um arcabouço legal vigente capaz de garantir a proposição da criação de um Conselho Municipal de Drenagem Urbana, bem como da elaboração de um Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável, que garanta a gestão das águas pluviais baseada na participação social.

Por fim, a tese atinge o seu objetivo geral quando verifica a possibilidade de implantação de um modelo conceitual de governança local das águas pluviais para a cidade do Rio de Janeiro baseado no desenho e o desenvolvimento urbano de baixo impacto ambiental, e alinhado às Políticas Nacionais de Saneamento Básico e de Recursos Hídricos.

Conclui-se, enfim, que esta tese responde à questão de pesquisa inicial, a partir da confirmação de que modelos não tradicionais de drenagem urbana, sob o conceito de LIUDD e SbN, são considerados uma estratégia pertinente para a gestão sustentável de águas pluviais na cidade do Rio de Janeiro.

Contribuições da tese

- Adoção de uma abordagem multidisciplinar, que contribuiu para um resultado mais próximo da realidade brasileira – cheia de características próprias e repleta de lacunas econômicas, sociais, ambientais, jurídicas e políticas a serem preenchidas.

- Apresentação de uma linha do tempo histórica capaz de demonstrar a influência das sociedades antigas nos modelos de gestão em territórios conquistados, bem como demonstrar que esse comportamento se replica até os dias de hoje.
- Uma discussão sobre a situação das políticas municipais de saneamento básico no Brasil e as questões do controle social na governança local das águas pluviais.
- Uma apresentação de modelos de gestão das águas pluviais sob o conceito do desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto, bem como uma sequência de metodologias de urbanismo e infraestrutura verde, capazes de influenciar o controle das águas das chuvas nas cidades.
- O mapeamento dos instrumentos legais do Brasil e das tentativas de normatizar a integração do planejamento urbano com a drenagem urbana, minimizando os impactos sobre a população local.
- A elaboração de um panorama sintetizado sobre as estruturas, técnicas e dispositivos associados à drenagem urbana não convencional, baseado em experiências científicas ou em práticas sustentáveis nacionais e internacionais, considerando as especificidades de cada local estudado.
- A possibilidade de fornecer subsídios ao poder público sobre a participação democrática na construção de modelos, programas e projetos de gestão sustentável integrada das águas pluviais, que guardem alguma semelhança com o estudo de caso desta tese.

Dificuldades apresentadas

- A elaboração de uma linha de raciocínio lógico para manter a atenção do leitor no tema principal, diante de tantos aspectos e complexidades sociais, econômicas, políticas e ambientais, muitas vezes, causou uma certa dúvida sobre “onde” e “qual” metodologia adequada aplicar.
- A dificuldade em realizar a pesquisa bibliográfica e a revisão de literatura diante do grande volume de publicações com temas compatíveis ou similares ao estudo: ora diretamente em consonância com o objetivo geral da tese, ora totalmente distante daquilo que se propunha discorrer.

- O excessivo número de publicações não científicas durante a pesquisa bibliográfica, tais como: entrevistas eventuais de jornais ou *websites*, publicidade política de governos municipais, opiniões de web articulistas, reportagens com moradores não identificados, etc.
- O aspecto multidisciplinar do tema exigiu do pesquisador a disposição de tempo extra e habilidade em transitar sobre diversas ciências, a saber: engenharia cartográfica, geoprocessamento, arquitetura e urbanismo, ciências sociais, tecnologia da informação e comunicação, etc.
- A falta de transparência das informações sobre drenagem urbana disponíveis ou disponibilizadas pelas prefeituras municipais das cidades brasileiras estudadas, tanto nos sites oficiais, quanto nos arquivos físicos de mapas e projetos aprovados.
- A realização da etapa de pesquisa de campo foi prejudicada por 2 (dois) motivos principais: (a) a violência devido à ação de grupos rivais de narcotraficantes e milicianos em diversas áreas da proposta, que contêm ativos potenciais do recorte geográfico; e (b) a pandemia pela propagação do coronavírus causador da doença COVID-19, obrigando isolamento, quarentena e distanciamento social em todo o planeta.

Indicativos para futuros estudos

- O estudo de questões não levantadas pelo autor, por meio da revisão dos conceitos apresentados, ou pela proposição de novos conceitos e percepções, que possibilitem o enriquecimento científico sobre desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto e Soluções baseadas na Natureza.
- A apresentação de modelos matemáticos capazes de quantificar os parâmetros ambientais de drenagem urbana, identificando as vantagens e desvantagens da implantação de modelos não convencionais de gestão das águas pluviais.
- A avaliação da melhoria da qualidade da água e da manutenção da biodiversidade nos corpos hídricos receptores do sistema de drenagem urbana da área de recorte geográfico.

- A inserção de soluções sustentáveis para o potencial dos grandes reservatórios do sistema de drenagem no Rio de Janeiro, de modo a adequar técnicas de reaproveitamento da água das chuvas, monitoramento da qualidade da água de escoamento, infiltração de excedentes e “renaturalização do ciclo hidrológico”, com vistas à integração de políticas públicas existentes.
- O mapeamento das áreas do recorte geográfico com potencial uso das águas das chuvas, por meio da captação das águas dos telhados dos grandes condomínios, indústrias, galpões, coberturas, entre outras edificações existentes na região.
- Uma proposta de aferição e aperfeiçoamento do modelo e/ou roteiro apresentado, a fim de confirmar a possibilidade de aplicação desta metodologia em outras cidades do Brasil e, até mesmo, em outras realidades na própria cidade do Rio de Janeiro.
- Um estudo da relação direta e indireta entre o sistema de drenagem urbana do recorte geográfico e a balneabilidade das praias da Ilha do Governador e da Baía da Guanabara.
- O levantamento das áreas de favelas consolidadas no recorte geográfico para propor projetos e programas de inclusão social, nos moldes dos já implantados pela Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, como: Favela-Bairro, Morar Carioca, entre outros.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. A sociedade urbano-industrial e o metabolismo urbano. *In: Prospectivas à beira do novo milênio. In: Revista Princípios*, São Leopoldo, USIMINOS, n. 71, p. 54-57, 1995.
- ACSELRAD, H. **Sentidos da Sustentabilidade Urbana.** *In: ACSELRAD, H. (Org.) A Duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas.* DP&A, 240p. Rio de Janeiro, 2001.
- ACTION AID. **Global Annual Report 2016.** Action Aid International Secretariat (AIS). Johannesburg, South Africa. Disponível em: https://actionaid.nl/wp-content/uploads/2017/06/80972_ActionAid_Jaarverslag16_FINAL.pdf Acesso em: 28 maio 2020.
- ADEGUN, O. B. **Sustainable stormwater management in Johannesburg's informal settlements.** 2013. 140 p. Dissertação (Mestrado em Construções Sustentáveis) – Universidade de Witwatersrand, Johannesburg, 2013.
- ALONSO, S. **Ecomalthusianos.** *In: Brasil Escola.* Disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/ecomalthusianos.htm>. Acesso em 5 fev. 2018.
- ALVES DA SILVA, D. P.; FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA, A. H. da. O poderoso NVivo: uma introdução a partir da análise de conteúdo. *In: Revista Política Hoje [online]*, v. 24, n. 2, p. 119-134, Universidade Federal de Pernambuco, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/view/3723> Acesso em: 5 fev. 2018.
- AMADOR, E. S. **Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza.** Rio de Janeiro: edição do autor, 1997, 539 p. ISBN 8590043215.
- AMADOR, E. S. Baía de Guanabara: um balanço histórico. *In: ABREU, M. de A. (org.). Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro.* Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 1992. cap. 7, p. 201-258. ISBN 8585096284.
- AMIN, C. T. **Infraestrutura verde: sistema de drenagem ecológico.** Campinas: 29 abr. 2010. Disponível em: <http://alteaurbanismo.blogspot.com/2010/04/infraestrutura-verde-sistema-de.html>. Acesso em: 27 mar. 2020.
- AMP. **Plan Local d'Urbanisme Intercommunal du Territoire Marseille Provence.** Marselha: 2016. Métropole Aix-Marseille Provence. Anexe Eau Pluviale. Disponível em: <https://www.ampmetropole.fr> Acesso em: 30 jun. 2020.
- AMSTERDAM RAINPROOF. **Every drop counts.** Amsterdam, Rainproof, 2020. Disponível em: <https://www.rainproof.nl/English> Acesso em: 30 jun. 2020.
- ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual.** Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Brasília: ANA, 10ª ed., 72p. 2018a.
- _____. **Relatório final do VIII Fórum Mundial da Água.** Conselho Mundial da Água. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal, Brasília: ANA, 2018b, 264 p.

- _____. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Brasília: ANA, 2019. 75 p.: il.
- ANDRADE, L. M. S. de; BLUMENSCHHEIN, R. N. Cidades sensíveis à água: cidades verdes ou cidades compactas, eis a questão? *In: Paranoá Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, Brasília, n. 10, p. 59-76, dez. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n10.2013.12124> Acesso em: 14 dez. 2020.
- ANDRADE, S. B. M. **Uma discussão acerca do acesso aberto, acesso livre e arquivos abertos na literatura**. 2014. 43 p. Monografia (Graduação) – Faculdade de Biblioteconomia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.
- ARAÚJO, C. **Mata Atlântica: o bioma do Rio de Janeiro**. [on-line] Disponível em: <http://multirio.rio.rj.gov.br/index.php/leia/reportagens-artigos/reportagens/1155-mata-atlantica-o-bioma-do-rio>. Acesso em 30 out. 2020.
- ARAÚJO, P. R. de; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. (2000) Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. *In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)*. 2000, v. 5, n.3, jul.-set., p. 21-29. Disponível em: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v5n3.p21-29>. Acesso em: 26 ago. 2021.
- ARAÚJO, R. de P. A.; PENTEADO, C. L. C.; SANTOS, M. B. P. dos. (2015) Democracia digital e experiências de e-participação: webativismo e políticas públicas. *In: História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v. 22, supl., dez. 2015, p.1597-1619.
- ARAÚJO, R. P. Z.; DUARTE, S. M. C.; PINHEIRO, C. B. Plano de gestão como estratégia integradora das ações de proteção do patrimônio cultural: a experiência do Conjunto Moderno da Pampulha. 2016. *In: Colóquio Ibero-Americano Paisagem Cultural, Patrimônio e Projeto*, 4, 2016, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos**. Belo Horizonte: UFMG, 26-28 set. 2016. Disponível em: <https://www.praxisbh.com.br> Acesso em 6 mar. 2022.
- ARCADIS. **Sustainable cities index – Putting people at the heart of city sustainability**. Arcadis Design & Consultancy for natural and built assets. Disponível em: <https://www.arcadis.com/en/europe/sustainability>. Acesso em: 22 abr. 2020.
- ARMITAGE, N.; FISHER-JEFFES, L.; CARDEN, K.; WINTER, K.; NAIDOO, V. SPIEGEL, A.; MAUCK, B.; COULSON, D. **Water Sensitive Urban Design (WSUD) for South Africa: framework and guidelines**. Report to the Water Research Commission. Urban Water Management Research Unit of the University of Cape Town. Cape Town, 2014.
- ARQUITETURA & CONSTRUÇÃO. **Revista de Arquitetura e Urbanismo**. Seção Viver – Urbanismo. Editora Abril, v. 8. São Paulo, 2017.
- ASHLEY, R.; LUNDY, L.; WARD, S.; SHAFFER, P.; WALKER, L.; MORGAN, C.; SAUL, A.; WONG, T.; MOORE, S. **Water-sensitive urban design: opportunities for the UK**. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Municipal Engineer, 166 (2), 65–76. United Kingdom, 2013.
- BALDUCCI, A.; FEDELI, V. The State of European Cities Report: some critical reflections upon urban phenomena in the European Union. *In: Urban Research & Practice*, v. 1, n. 3, p. 240-253, 2008.

- BARBERO, A.; LORING, M. I. The formation of the Sueve and Visigothic Kingdoms in Spain. *In: FOURACRE, P. In: New Cambridge Medieval History*. Cambridge University Press, v. 1. Cambridge, 2005.
- BARCELLOS, C. C.; SABROZA, P. C.; PEITER, P.; ROJAS, L. I. **Organização espacial, saúde e qualidade de vida: análise espacial e uso de indicadores na avaliação de situações de saúde**. Informe Epidemiológico do SUS, Brasília, v. 11, n. 3, p. 129-138, set. 2002. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/713>. Acesso em: 19 jan. 2022.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 229 p., 2011.
- BARQUERO, A. V. **Desenvolvimento endógeno em tempos de globalização**. Porto Alegre: UFRGS, 2002.
- BARROSO, Y.; MORGADO, F. Mérida, Patrimonio de la Humanidad. Conjunto monumental. *In: Mérida: Consorcio de la Ciudad Monumental Histórico-Artística y Arqueológica de Mérida*. Mérida, 1996.
- BELO HORIZONTE. **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2016/2019**. Prefeitura de Belo Horizonte. Texto do Volume I. Belo Horizonte, 2016.
- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities**. Washington, D.C.: Island Press, 2006.
- BERNARDES, L. M. C.; SOARES, M. T. S. Rio de Janeiro, cidade e região. *In: Série Biblioteca Carioca*. Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes. DGDIC, 2ª ed., p.15. Rio de Janeiro: 1990.
- BES. **Bureau of Environmental Services**. Secretaria de Serviços Ambientais da Cidade de Portland. Gerência de Programas Ambientais. 2019. Disponível em: <https://www.portlandoregon.gov/bes>. Acesso em: 19 abr. 2020.
- BIBLIOTECA NACIONAL. **Rede de memória virtual brasileira [on-line]** Biblioteca Nacional. Disponível em: <https://brasilianafotografica.bn.br> Acesso em: 2 mar. 2020.
- BISHOP, M. **The Middle Ages**. Houghton Mifflin Company. Boston, 1968.
- BLATTMANN, U.; TRISTÃO, A. M. D. **Internet como instrumento de pesquisa técnico-científica na engenharia civil**. Revista ACB, Biblioteconomia em Santa Catarina, v. 4, n. 4. Florianópolis, 1999.
- BONDUKI, N. **À guisa de conclusão: os desafios do Brasil urbano no século XXI**. *In: BONDUKI, N (org.) A luta pela reforma urbana no Brasil: do Seminário de Habitação e Reforma Urbana ao Plano Diretor de São Paulo*. São Paulo : Instituto Casa da Cidade, 2018. 244 p.
- BORGES, A. S. Urbanização e a construção da paisagem no Alto Império Romano: a colônia de Augusta Emerita. *In: Revista ARCHAI – As origens do pensamento ocidental*. Ed. Annablume Clássica. p. 11-13. Jan. 2009.
- BRAGA, J. O. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de Santa Maria – DF**. 2016. 33 p. Monografia (Graduação) – Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

- BRAGA, R. N. S.; HORA, M. A. G. M.; LYRA, G. B.; NASCENTES, A. L. Determinação e interpolação dos coeficientes das equações de chuvas intensas para cidade do Rio de Janeiro. *In: Revista Ambiente & Água [on-line]*. 2018, v. 13, n. 1. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2076>. Acesso em: 22 ago. 2021.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Promulgada em 5 out. 1988. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 19 maio 2021.
- _____. **Lei Federal n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989; e dá outras providências. Brasília, DF, [1997]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 11 mar. 2020.
- _____. **Lei Federal n.º 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF, [1999]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 24 mar. 2020.
- _____. **Lei Federal n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o Saneamento Básico; altera as Leis n.ºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, DF, [2007]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 11 mar. 2020.
- _____. **Caderno metodológico para ações de educação ambiental e mobilização social em saneamento**. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento. 100 p. Brasília, 2009.
- _____. **Manual para apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais**. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília: 2012.
- _____. **Reabilitação urbana com foco em áreas centrais**. Material didático do curso do Programa Nacional de Capacitação das Cidades. Mód.1 Unid.1. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Acessibilidade e Programas Urbanos (SNAPU). Brasília: 2013.
- _____. **3º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Secretaria Nacional de Saneamento (SNS). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). 195 p. Brasília, DF. 2019a.
- _____. **Plano Diretor do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) 2019-2022**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 165 p. Brasília, DF. 2019b.
- _____. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), Secretaria Nacional de Saneamento (SNS), 2019c. Disponível em: www.snis.gov.br. Acesso em: 8 abr. 2020.

- _____. **Decreto Federal n.º 10.203, de 22 de janeiro de 2020.** Altera o Decreto n.º 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF, [2020]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 14 abr. 2020.
- _____. **Lei Federal n.º 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico; e dá outras providências. Brasília, DF, [2020]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 17 jan. 2022.
- _____. **O CEMADEN e sua competência no âmbito do Plano Nacional de Gestão de Risco de Riscos e Resposta a Desastres Naturais.** Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/cemaden/acesso-a-informacao-lai/institucional-1/o-cemaden-e-sua-competencia-no-ambito-do-plano-nacional-de-gestao-de-risco-de-riscos-e-resposta-a-desastres-naturais> Acesso em: 18 jan. 2022.
- BRITANNICA. Apartheid. *In: The New Encyclopaedia Britannica.* 2020. Disponível em: <https://escola.britannica.com.br/artigo/apartheid/480627>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- BURIAN, S. J.; EDWARDS, F. G. **Historical Perspectives of Urban Drainage.** Global Solutions for Urban Drainage. [S.l.]: American Society of Civil Engineers. 2002.
- CAMACHO, S. **Intervenções em corpos hídricos urbanos: uma visão da atual conjuntura no Brasil.** 2016. 155 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2016.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 345 p. Brasília, DF. 2001.
- CANHOLI, J. F. **Medidas de controle *in situ* do escoamento superficial em áreas urbanas: análise de aspectos técnicos e legais.** 2013. 167 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, São Paulo, 2013.
- CARVALHO, A. L. dos S. O Rio de Janeiro a partir da chegada da Corte Portuguesa: planos, intenções e intervenções no século XIX. *In: PEIXOTO, E. R.; DERNTL, M. F.; PALAZZO, P. P.; TREVISAN, R. (Org.).* Tempos e escalas da cidade e do urbanismo. **Anais do XIII Seminário de História da Cidade e do Urbanismo.** Universidade de Brasília (UnB). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, 2014.
- CARVALHO, A. P. da S. **Acessibilidade à informação na internet: crime ou disseminação?** 2010. 49 p. Monografia (Graduação) – Faculdade de Biblioteconomia, Departamento de Ciências da Informação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- CASEIRO, C. **Histórias e outras memórias do Aqueduto das Águas Livres.** Lisboa: EPAL, 1999.
- CAVALCANTI, C. (Org.) **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável.** Instituto de Pesquisas Sociais (INPSO), Fundação Joaquim Nabuco (FUNDAJ), Recife: MEC, 1994. 262 p.

- CAVALCANTI, N. **O Rio de Janeiro setecentista: a vida e a construção da cidade da invasão francesa até a chegada da corte**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.
- CEDAE. **Programa Sena Limpa**. Governo do Estado do Rio de Janeiro. Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro. Instituto Estadual do Ambiente. 2021. Disponível em: https://cedae.com.br/programa_sena_limpa Acesso em: 16 maio 2021.
- CERQUEIRA, L. F. F. **Redesenho urbanístico de assentamentos informais com vistas à conservação da água e sustentabilidade ambiental**. 2012. 252 p. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- CERQUEIRA, L. F. F.; PIMENTEL DA SILVA, L. Proposta metodológica para redesenho de comunidades informais – construção da resiliência diante do estresse hídrico. *In: Revista Ambiente & Sociedade*, v. XIX, n. 1, p. 43-62. São Paulo, 2016.
- CHACON, V. **A grande Ibéria: convergências e divergências de uma tendência**. São Paulo: Editora UNESP, 2005.
- CHATFIELD, P. **SUDS – Benefits to be gained from a strategic approach**. *In: SUDS – Time to get to grips with it*. CMS – Coastal Management for Sustainability. CIWEM – The chartered institution of water and environmental management. Londres, 2005.
- CIVITATIS. **A história de Amsterdam**. Uma publicação da Civitatis Tours SL. C.I.C.M.A. 2998. Disponível em: www.tudosobreamsterdam.com/historia. Acesso em 24 maio 2020.
- CKAGNAZAROFF, I. B.; ABREU, B. V. de. **Governança local e participação como estratégias na avaliação e promoção de desenvolvimento econômico local**. *In: Colóquio de L'IFBAE – Grenoble, França, 5^{ème}, 18-19 de maio de 2009*. Disponível em: https://ifbae.s3.eu-west-3.amazonaws.com/file/congres/2009_B0101.pdf. Acesso em: 8 jan. 2022.
- CLAUSEN, H. **Online, CD-ROM and Web: is the same difference?** *Aslib Proceedings*, v. 49, n. 7, p. 177-183. Londres, 1997.
- CLEAVER, F. Paradoxes of participation: questioning participatory approaches to development. *In: Journal of International Development*, n. 11(4), p. 597-612, 1999.
- CLIMATE-DATA. **Gráfico climático do Rio de Janeiro**. Climate-Data Organization. Disponível em <http://www.climate-data.org>. Acesso em 30 out. 2020.
- COBRADE. **Codificação e classificação brasileira de desastres**. 2012. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec> Acesso em: 9 jun. 2022.
- COFFMAN, L. S. Low-impact development: an alternative stormwater management Technology. *In: FRANCE, R. L., (Org.). Handbook of Water Sensitive Planning and Design*. Ed. Lewis Publishers, cap. I.05, p.97-124. Massachusetts, 2002.
- CONCA, K. Brazil: innovation through conflict. *In: Governing water: contentious transnational politics and global institution building*. MIT Press. Cambridge, 2006.
- CORRÊA, T. H. P. **Resiliência hídrica urbana: diretrizes e estratégias para sua incorporação em municípios com o uso de indicadores**. 2021. 226 f. Tese (Doutorado)

- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.
- COSTA, M. E. L.; NEVES, M. G. F. P. das; SOUZA, V. C. B. de. Monitoramento de precipitação em bacias urbanas: resultados preliminares em Maceió – AL. *In: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Campo Grande, MS, 2009.
- CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. *In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)*, v.17, n.2, p. 9-18. 2011.
- CURITIBA. Prefeitura Municipal de Curitiba. **Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba – PR**. Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Governo do Estado do Paraná. Versão 1.0. Curitiba, 2002.
- _____. Prefeitura Municipal de Curitiba. **Decreto Municipal n.º 1.066, de 25 de setembro de 2006**. Regulamenta a lei n.º 11.596/2005 e estabelece critérios para a construção ou reconstrução de passeios nos locais que especifica. Curitiba: Câmara Municipal, [2006]. Disponível em: www.curitiba.pr.leg.br. Acesso em 18 jun. 2022.
- _____. Prefeitura Municipal de Curitiba. **Plano Municipal de Controle Ambiental e Desenvolvimento Sustentável – PMCADS**. Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMMA. Versão completa. Curitiba, 2008.
- _____. Prefeitura Municipal de Curitiba. **Plano Municipal Participativo de Saneamento Básico de Curitiba – PMPSB**. Prefeitura Municipal de Curitiba. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC), 2017a Disponível em: <https://ippuc.org.br/> Acesso em 28 out. 2020.
- _____. Prefeitura Municipal de Curitiba. **Plano Diretor de Drenagem de Curitiba – PDD**. Manual de Drenagem. Prefeitura Municipal de Curitiba. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC), 2017b. Disponível em: <https://ippuc.org.br/> Acesso em 28 out. 2020.
- _____. Prefeitura Municipal de Curitiba. **Perfil da cidade de Curitiba**. Curitiba, 2020. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/perfil-da-cidade-de-curitiba/174>. Acesso em: 25 out. 2020.
- _____. Prefeitura Municipal de Curitiba. **Plano Setorial de Desenvolvimento Ambiental e Conservação da Biodiversidade – Diagnóstico e Ações Estratégicas**. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC). Curitiba, 2021. 151 p. Disponível em: <https://ippuc.org.br/> Acesso em: 6 mar. 2022.
- DANIEL, G. **The First Civilisations: The Archaeology of their Origins**. Thames and Hudson. London: 1968.
- DATA-RIO. **Data Rio: Informações sobre a Cidade**. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. [on-line] Disponível em: <https://www.data.rio> Acesso em: 19 jan. 2022.

- DE LEÃO, N. M. **Influências greco-romanas na Hispânia: colonização, arquitetura e urbanismo em Augusta Emerita (séculos I a.C. ao II d.C.)**. 2015. 285 p. Dissertação (Mestrado em História) – Programa de Pós-graduação em História. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015.
- DEEZEN. **Architects propose seven ways to reinvigorate the Los Angeles River**. Dezeen Magazine [on-line] 21 jun. 2017 Disponível em: <https://www.dezeen.com/2017/06/21/seven-proposals-la-river-revitalisation-architecture-los-angeles-usa/> Acesso em: 29 jan. 2020.
- DINIZ, E. **Crise, reforma do Estado e governabilidade**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas (FGV), 1997. 229p.
- DRUMMOND, J.; BARROS-PLATIAU, A. F. Brazilian environmental laws and policies, 1934-2002: a critical overview. *In: Law & Policy*, v. 1 (28), p. 83-108, 2006.
- EASON, C.; PANDEY, S.; FEENEY, C.; van ROON, M.; DIXON, J. **Low Impact Urban Design and Development: making it mainstream**. Sustainable World. Department of Planning. University of Auckland. Auckland, 2003.
- EBC. **“Pior enchente” do Rio de Janeiro completa 50 anos**. Empresa Brasileira de Comunicação. Texto jornalístico de Luiz Claudio Ferreira publicado em 09/01/2016. Disponível em: <http://www.ebc.com.br/noticias/meio-ambiente/2015/12/pior-enchente-do-rio-de-janeiro-completa-50-anos.htm>. Acesso em 07/06/2017.
- EDLER, F. C. **A saúde pública no período colonial e joanino**. *In: O arquivo nacional e a história luso brasileira*. Arquivo Nacional [on-line] publicado em 22 fev. 2018. Disponível em: <http://historiacolonial.arquivonacional.gov.br>. Acesso em 12 nov. 2020.
- EEA. **Green infrastructure and territorial cohesion: the concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems**. European Environment Agency Technical Report, n. 18, p. 138. Publications Office of the European Union, Copenhagen, 2011.
- EPA. **Stream Corridor Restoration – principles, processes and practices**. National Service Center for Environmental Publications (NSCEP) of the United States Environmental Protection Agency (EPA). Revisado em 2001. Washington, 1998.
- _____. **Using Smart Growth Techniques as Stomwater Best Management Practices**. National Service Center for Environmental Publications (NSCEP) of the United States Environmental Protection Agency (EPA). Washington, 2012.
- EU. **SWITCH Project: Sustainable Urban Waters Improves Tomorrow’s Cities’ Health**. Europe Union. Disponível em: <http://www.switchurbanwater.eu>. Acesso em 22 out. 2020.
- FEDDES, F. **A millennium of Amsterdam: spacial history of a marvellous city**. Ed. Thoth Uitgeverij, 2012.
- FERNANDES, C. **Microdrenagem – Um estudo inicial**. Publicação DEC/CCT/UFPB. Campina Grande: 2002, 196p.

- FERNEDA, E. **Recuperação da informação: análise sobre a contribuição da ciência da computação para a ciência da informação**. 2003. 147 p. Tese (Doutorado) – Escola de Comunicação e Arte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- FIALHO, E. S; BRANDÃO, A. M. P. M. **Particularidades do clima do Rio de Janeiro: o caso da Ilha do Governador**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA (SBCG), IV. **Anais**. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: www.researchgate.net/publication/276273709. Acesso em: 12 maio 2021.
- FIGUEIREDO, L. Patrick Blanc: o mestre dos jardins verticais. In: **SustentArqui**, publicado em 30 jun. 2020. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/patrick-blanc-o-mestre-dos-jardins-verticais>. Acesso em: 4 mar. 2022.
- FISCHER, M. E. **Proposta de solução sustentável para drenagem urbana**. 2020. 1 aquarela em sulfite, 29,7 x 21,0 mm. Coleção particular.
- FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. **SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage**. Urban Water Journal. Austrália: 2014.
- FONSECA, J. D. **1755 – O terramoto de Lisboa**. Lisboa: Argumentum Edições, 2005.
- GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. In: **Engenharia Sanitária e Ambiental [on-line]**. 2010, v. 15, n. 1, p. 19-28. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522010000100003>. Acesso em: 11 ago. 2021.
- GIBBON, E. **The history of the decline and fall of the Roman Empire**. Vol. 1 & 2. Penguin Classics. Londres: 1996.
- GOMES, W. A democracia digital e o problema da participação civil na decisão política. In: **Revista Fronteiras**, v. 7, n. 3, 2005, p. 214-222.
- _____. **Participação política online: questões e hipóteses de trabalho**. In: R. C. M. Maia, W. Gomes, & F. P. J. A. Marques (Orgs.), *Internet e participação política no Brasil* (pp. 19-46). Ed. Sulina. Porto Alegre, RS: 2011.
- GONÇALVES, A. O conceito de governança. In: CONGRESSO NACIONAL DO CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO (CONPEDI), XIV. **Anais**. Fortaleza, 2015.
- GRAY, H. F. Sewerage in ancient and mediaeval times. In: **Sewage Works Journal**, v. 12, n. 5, p. 939-946, 1940.
- GRILO, R. C. **A precipitação pluvial e o escoamento superficial na cidade de Rio Claro – SP**. 1992. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.
- GUTIERREZ, A. I. R.; RAMOS, I. C. Drenagem urbana sustentável para a concretização de metas de ODS/ONU. **ArchDaily Brasil**, jul. 2019. Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/920314/drenagem-urbana-sustentavel-para-a-concretizacao-de-metas-de-ods-onu>. Acessado em: 20 jan. 2022.

- HANADA, L. M. **Serviços de governo em dispositivos móveis: oportunidades e barreiras**. 2015. 207 p. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Administração (COPPEAD), Rio de Janeiro, 2015.
- HEDRICK-WONG, Y.; CHOONG, D. **Mastercard global destination cities index**. Mastercard Worldwide Insights. 19ª edição, 68 p., 2018 Disponível em: <https://newsroom.mastercard.com/wp-content/uploads>. Acesso em: 16 maio 2020.
- HEERS J. **La Ville au Moyen Âge en Occident, Paysages, Pouvoirs et Conflits**. Paris: Librairie Arthème Fayard, 1990. 550 p.
- HEYNEMANN, C. B.; VALE, R. W. S. do (Org.) **Temas luso-brasileiros no Arquivo Nacional**. Rio de Janeiro: Arquivo Nacional, 2010.
- HILL, D. **A history of engineering in classical and medieval times**. Croom Helm Ltd. Londres, 1984.
- HOCHMAN, G. **A era do saneamento: as bases da política de saúde pública no Brasil**. Ed. Hucitec. São Paulo, 1998.
- HOLLING, C. S. **Resilience and stability of ecological systems**. *In: Annual Review of Ecology and Systematics*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis, v. 4, 1973.
- HOLMGREN, D. **Permacultura: princípios e caminhos além da sustentabilidade**. Tradução Luzia Araújo. Porto Alegre: Via Sapiens, 2013. 416 p.
- HOPKINS, J. N. N. The Cloaca Maxima and the monumental manipulation of water in archaic Rome. *In: Aquae Urbis Rome: the waters of the city of Rome*, v. 4. University of Texas, 2007.
- HOYER, J.; DICKHAUT, W.; KRONAWITTER, L.; WEBER B. **Water Sensitive Urban Design**. (Manual) *In: Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future*. Berlim, 2011. Disponível em: www.switchurbanwater.eu. Acesso em 26 mar. 2020.
- IBGE. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores 2015**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Coordenação de Trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 108p.
- _____. **Produto Interno Bruto (PIB) dos Municípios**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. PIB a preços correntes e série revisada. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/pesquisa/38/47001?tipo=ranking>. Acesso em 30 out. 2020.
- _____. **Perfil dos municípios brasileiros. Saneamento básico: aspectos gerais da gestão política de saneamento básico 2017**. Pesquisa de informações básicas municipais, 39 p. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro, 2018.

- _____. **Panorama das Cidades 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>. Acesso em: 30 out. 2020.
- IGNATIEVA, M.; MEURK, C. D.; VAN ROON, M.; SIMCOCK, R.; STEWART, G. How to put nature into our neighbourhoods: application of Low Impact Urban Design and Development (LIUDD) principles, with a biodiversity focus, for New Zealand developers and homeowners. Manual de urbanização verde. 2008. *In: Landcare Research Science Series*, Manaaki Whenua Press, n. 35. Disponível em: <http://researcharchive.lincoln.ac.nz/dspace/handle/10182/553>. Acesso em: 30 abr. 2020.
- INMET. **Normas Climatológicas do Brasil**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2018. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 19 out. 2020.
- IPANEMA, C. de. **História da Ilha do Governador**. Rio de Janeiro: Livraria e Editora Marcello de Ipanema, 1991. 200 p.
- _____. de. **Indicador da Ilha do Governador: litoral, relevo e hidrografia**. Rio de Janeiro: Livraria e Editora Marcelo de Ipanema, 1993. 125 p.
- IPPUC. Prefeitura Municipal de Curitiba. **Dados Geográficos de Curitiba**. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC). 2021. Disponível em: <https://ippuc.org.br/geodownloads/geo.htm> Acesso em: 25 out. 2021.
- ISSAWI, C. **The Fertile Crescent, 1800-1914**. A Documentary Economic History. University of Oxford. New York: Oxford University Press, 1988. 499 p.
- JOBURG. **City of Johannesburg statistics**. 2020. About city, population and people. Govern of Johannesburg. Disponível em: <https://www.joburg.org.za>. Acesso em: 27 maio 2020.
- KENOYER, J.M. **Trade and Technology of the Indus Valley: New insights from Harappa Pakistan**. Taylor & Francis Group, p. 262-280. *World Archaeology*, 1997
- KING, R. **The Singapore miracle, myth and reality: brilliant success or flawed experiment?** Insight Press, ed. 2, 516 p. Inglewood, WA, 2006.
- KIRKMAN, E. **Architecture in the Era of Napoleon III**. Haussmann's Paris The Art History Archive Architecture, 2007. Disponível em: www.arthistoryarchive.com/arthistory/architecture/Haussmanns-Architectural-Paris.html. Acesso em: 11 jan. 2017.
- KRAUSSE, M. **Approaches to low impact urban design & development in greenfield development in New Zealand**. Manaaki Whenua – Landcare Research. Auckland, 2009. Disponível em: <http://www.landcareresearch.co.nz>. Acesso em: 30 abr. 2020.
- KRUCKEBERG, A. R. **The natural history of Puget Sound country**. Seattle: University of Washington Press, 1991. 468 p.
- LANDSCAPE INSTITUTE. **Green infrastructure: connected and multifunctional landscapes: position document**. 2009. Disponível em: <http://www.landscapeinstitute.org> Acesso em: 27 mar. 2020.
- LEÃO, D.; BRANDÃO, J. L. As origens da Urbe e o período da monarquia. *In: BRANDÃO, J.L.; DE OLIVEIRA, F. (Coord.). História de Roma Antiga: das origens à morte de César*. V. 1. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2015.

- LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder.** Petrópolis: ed. Vozes, 9. ed., 2012. 496 p.
- LLOYD, S. D. **Clearwater project: community acceptance of water sensitive urban design.** *In: Seminar of the Australian water association and the stormwater industry association of Victoria, WIA, Australia. Managing the Changing Colours of Water.* Melbourne, 2003.
- LUCOCK, J. **Notas sobre o Rio de Janeiro e partes meridionais do Brasil.** São Paulo: Editora Itatiaia, 1975.
- MACEDO, D. R. **Avaliação de projeto de restauração de curso d'água em área urbanizada: estudo de caso no Programa DRENURBS em Belo Horizonte.** 2009, 122 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Belo Horizonte, 2009.
- MAGNO, T. S. C.; VASCONCELLOS, A. M. A.; BARROS, J. N.; LUCENA, B. R. D. de. Influência das tecnologias da informação e comunicação na participação social em políticas públicas. *In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, VIII, Sociedade Brasileira de Administração Pública (SBAP), Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP). Anais.* Brasília, DF, 3- 5 nov. 2021. Disponível em: <https://sbap.org.br/> Acesso em: 14 jun. 2022.
- MAIA, A. C. N.; SEDREZ, L. Narrativas de um Dilúvio Carioca: memória e natureza na Grande Enchente de 1966. *In: Revista de História Oral*, v. 14, n. 2, p. 221-254. São Paulo, 2011.
- MANTAS, V. G. **A Lusitânia e o Mediterrâneo: identidade e diversidade numa província romana.** “Conimbriga” Instituto de Arqueologia. Vol. XLIII. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 2004.
- MARCHIONE, A. Alagamentos tornam-se cada vez mais frequentes na Ilha do Governador. *In: Diário do Rio*, Rio de Janeiro, 19 fev. 2016. Disponível em: <https://diariodorio.com/alagamentos-tornam-se-cada-vez-mais-frequentes-na-ilha-do-governador> Acesso em: 15 maio 2021.
- MARSALEK, J.; JIMÉNEZCISNEROS, B.; KARAMOUZ M.; MALMQUIST P.; GOLDENFUM J.; CHOCAT; B. Urban water cycle processes and interactions. *In: Urban Water Series.* UNESCO, IHP, 152 p. UNESCO Publishing, Taylor & Francis. Londres, 2008.
- MARTINS, J. R. S.; TSAI, C. Y.; CARVALHO, L. G. C.; PERA, T. M. **A introdução da Trama Verde Azul na Região Metropolitana de São Paulo.** Águas Urbanas. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo, 2015.
- MARYLAND. **Low-impact development design strategies: an integrated design approach.** Department of Environmental Resource. Programs and Planning Division. Prince George, 2000.
- MASTROMAURO, G. C. Alguns aspectos da saúde pública e do urbanismo higienista em São Paulo no final do século XIX. *In: Cadernos de História da Ciência.* Artigo publicado em São Paulo, v. 6, n. 2, jul.-dez. 2010. Disponível em

http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-76342010000200004&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 12 nov. 2020.

- MATTOS, I. R. de. **O Rio de Janeiro, capital do reino**. São Paulo: Atual Editora, 1995.
- _____. de. **O tempo Saquarema. A formação do Estado Imperial**. São Paulo: HUCITEC, 2017.
- MELO, S. de F. dos S. de. Aplicação da matriz de decisão para a escolha de áreas de transbordo de resíduos sólidos de um consórcio público municipal. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE*, V, 5-7 abr. 13p. **Anais**. Bento Gonçalves, RS, 2016.
- MENDES, N. M. A província da Lusitânia: sistema econômico global e local. *In: Revista do Museu de Arqueologia e Etnia*, n. 18, p. 49-58. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.
- MENESCAL, R. A., FIGUEIREDO, N. N.; FRANCO, S. R. **A Problemática das Enchentes na Região Metropolitana de Fortaleza**. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH). Fortaleza, CE, 2001.
- MIGUEZ, M. G., VERÓL, A. P., CARNEIRO, P. R. F. Sustainable Drainage Systems: An Integrated Approach, Combining Hydraulic Engineering Design, Urban Land Control and River Revitalisation Aspects. *In: JAVAID*, Muhammad Salik. Drainage Systems. InTech, 2012. p. 21-54.
- MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana sustentável – Do projeto tradicional à sustentabilidade**. COPPE/UFRJ. 1ª ed. 384p. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2014.
- MORRIS, A. E. J. **Historia de la forma urbana**. [S.l.] 480p. Editorial Gustavo Gili, 1998.
- MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 353p.
- MUELLER, S. P. M. A comunicação científica e o movimento de acesso livre ao conhecimento. *In: Ciência da Informação*, [S. l.], v. 35, n. 2, 2006. DOI: 10.18225/ci.inf.v35i2.1138. Disponível em: <http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/1138>. Acesso em: 19 mar. 2020.
- MULTIRIO. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **O estratégico bairro do Rio Comprido**. Multi Rio – A mídia educativa da cidade. 2018. Disponível em: <http://multirio.rio.rj.gov.br/index.php/leia/reportagens-artigos/reportagens/13679-o-estrat%C3%A9gico-bairro-do-rio-comprido> Acesso em 2 nov. 2020.
- NANNI, A.; NÓR, S. (Org.) **Ensinando Permacultura**. Coleção Urbanismo e Arquitetura da Cidade. Florianópolis: Editora da UFSC, 2019. 166 p.
- NETHERLANDS. **Continuing the work on the delta: adapting the Netherlands to climate change in time**. Government of the Netherlands. Delta Programme. Amsterdam, 2019.
- NEW JERSEY. New Jersey Department of Environmental Protection (DEP). *In: New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual*. Division of Watershed Management. Trenton, NJ, 2004. Updated in 2016.

- NIEMCZYNOWICZ, J. **State of the art in urban stormwater design and research**. Kuala Lumpur, Malaysia, 12-14 nov.1997. Invited paper presented at the Workshop and Inaugural Meeting of UNESCO Center for Humid Tropics Hydrology. 1997.
- NLC. **Water and green infrastructure**. Sustainable Cities Institute. National League of Cities. Disponível em <http://www.sustainablecitiesinstitute.org.com>. Acesso em 1 jun. 2017.
- NORTHEASTTREES. **The Garvanza Park Stormwater Best Management Practices (BMP) Project**. Disponível em: <http://www.northeasttrees.org/projects/garvanza-park-storm-water-project/>. Acesso em: 22 abr. 2020.
- NUNES, D. M.; FONSECA, P. L. da; PIMENTEL DA SILVA, L. Avaliação do papel dos telhados verdes no desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto ambiental e no controle de enchentes na Cidade do Rio de Janeiro. *In: Revista Labor & Engenharia*, v. 11, n. 3, p. 374-393. Campinas, 2017.
- NYAWO, R. N.; TANYIMBOH, T. T. **Conventional versus sustainable drainage systems: evaluation of stormwater management in an urban residential complex**. Paper Conference of the School of Civil and Environmental Engineering, University of the Witwatersrand. África do Sul, Joanesburgo, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/329192034>. Acesso em: 12 jun. 2020.
- OHNUMA JR., A. A. **Medidas não convencionais de reservação d'água para o controle da poluição em lotes urbanos**. 2008. 40 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo. Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2008.
- OHNUMA JR., A. A.; ALMEIDA NETO, P. de; MENDIONDO, E. M. Análise da retenção hídrica em telhados verdes a partir da eficiência do coeficiente de escoamento. *In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)*, v. 19, n. 2, p. 41-52, 2014.
- OLIVEIRA, A. M.; COSTA, H. S. de M. A trama verde e azul no planejamento territorial: aproximações e distanciamentos. *In: Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 20, n.3, p.538-555. São Paulo, 2018.
- ONU **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. United Nations [Organização das Nações Unidas], Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda> Acesso em: 19 set. 2021.
- _____. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018**. Organização das Nações Unidas. Soluções baseadas na Natureza para a gestão da água. United Nations Water. 12 p. Brasília, 2018.
- _____. **Natural disasters in Latin America and the Caribbean 2000-2019**. United Nations [Organização das Nações Unidas]. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. 2020. Disponível em: <https://www.humanitarianresponse.info/en/operations/latin-america-and-caribbean/document/latin-america-and-caribbean-natural-disasters-2000>. Acesso em: 13 ago. 2021.

- _____. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2022. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> Acesso em: 17 jan. 2022.
- PAIVA, M.; SCHICCHI, M. C. da S. O conceito de resiliência urbana: uma ferramenta para a análise de intervenções recentes no centro histórico de São Paulo. *In: SEMINARIO INTERNACIONAL EN INVESTIGACIÓN EN URBANISMO*, XI, 2019, Barcelona. **Anais**. Santiago de Chile, jun. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5821/SIIU.6760> Acesso em 11 jun. 2022.
- PARKINSON, J.; MILOGRANA, J.; CAMPOS, L.C.; CAMPOS, R. **Drenagem urbana sustentável no Brasil**. Relatório do *Workshop* elaborado em 7 de maio de 2003. Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2003.
- PELUSO, M. L. Brasília: do mito ao plano, da cidade sonhada à cidade administrativa. *In: Revista Espaço & Geografia*, v. 6, n. 2, p. 1-29. Brasília, 2003.
- PEREIRA, L. N. Diferenciação entre município e cidade. **Jusbrasil** [on-line], 2015. Manhuçu, MG. Disponível em: <https://layon.jusbrasil.com.br/artigos/248945548/diferenciacao-entre-municipio-e-cidade> Acesso em: 22 jan. 2022.
- PERINI, K.; SABBION, P. **Urban sustainability and river restoration: green and blue infrastructure**. John Wiley & Sons Ltd., 1ª ed., 288p. Reino Unido, 2017.
- PETERS, B. G. O que é governança? *In: Revista do Tribunal de Contas da União*, n. 127, p. 28-33. Brasília, 2013.
- PIMENTEL DA SILVA, L.; MARQUES, M. Novas Oportunidades e Desafios no Desenvolvimento e Desenho Urbanístico de Baixo Impacto Ambiental. *In: Revista do CREA-RJ*, n. 83, p.38-41, Rio de Janeiro, 2010.
- PIMENTEL DA SILVA, L.; NEFFA, E. Engenharia e educação ambiental. *In: Indicadores de sustentabilidade em engenharia: como desenvolver*. Pedro Fantinatti, André Ferrão, Antonio Zuffo (Coord.). 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- PINHEIRO, C. B. **Políticas públicas de manejo de águas pluviais em Belo Horizonte: novos caminhos em meio a velhas práticas**. 2019. 289 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, Belo Horizonte, 2019.
- PINHEIRO, L. V. R. Comunidades científicas e infraestrutura tecnológica no Brasil para uso de recursos eletrônicos de comunicação e informação na pesquisa. *In: Ciência da Informação*, v. 32, n. 3, p. 62-73. Portal do Livro Aberto em CT&I. Brasília, 2003. Disponível em: www.ibict.br. Acesso em 13 mar. 2020.
- PIRES, H. F. Planejamento e intervenções urbanísticas no Rio de Janeiro: a utopia do plano estratégico e sua inspiração catalã. *Biblio 3W*. *In: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, v. XV, n. 895, 5 nov. 2010. Universidad de Barcelona, Barcelona, 2010. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-895/b3w-895-13.htm>. Acesso em 12 nov. 2020.
- PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: UNESP/Campus Experimental de Ourinhos, SP, 2010. 46p.

- PISANI, M. A. J. **As enchentes em áreas urbanas**. 3ª ed., p. 42-45. São Paulo: SINERGIA, 2001.
- POMIAN, K. **Periodização**. Enciclopédia Einaudi, v.30, p.164-213. Imprensa Nacional. Casa da Moeda, Lisboa: 1993.
- POMPÊO, C. A. Drenagem Urbana Sustentável. *In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 1, p. 15-23, Porto Alegre, RS, 2000.
- PORTLAND. **Roof gardens**. City of Portland, Oregon. [*on-line*] Disponível em: <https://www.portland.gov/bes/stormwater/managing-rain-your-property/roof-gardens> Acesso em: 29 set. 2021.
- PUB. **Handbook on application for water supply**. Public Utilities Board. Departamento de Abastecimento de Água (Redes) de Singapura, 2018. Disponível em: www.pub.gov.sg/Documents/Handbook_onApplication_WaterSupply.pdf. Acesso em: 14 maio 2020.
- QGIS. QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Open-Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 11 ago. 2021.
- QSR. QSR International for NVIVO®. Versão 11. [S.l.], QSR International, 2015. Disponível em: <https://www.qsrinternational.com/nvivo-qualitative-data-analysis-software/support-services/nvivo-downloads>. Acesso em: 1 jun. 2020.
- _____. **A place to organize, store and analyze your data**. 2020. QSR International. Disponível em: <https://www.qsrinternational.com>. Acesso em: 21 mar. 2020.
- RAINWISE. **Rebates for rain gardens and cisterns**. 700 Million Gallons. [*on-line*] 2021. Disponível em: <https://700milliongallons.org/rainwise/> Acesso em: 29 dez. 2021.
- RAMOS, M. H. D. **Drenagem urbana: aspectos urbanísticos, legais e metodológicos em Belo Horizonte**. 1998. 103f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.
- RCS. **Rain City Strategy: a green rainwater infrastructure and rainwater management initiative**. Cidade de Vancouver, 2019. Disponível em: <https://vancouver.ca/files/cov/rain-city-strategy.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- REID, D. **Paris sewers and sewer men – realities and representations**. Londres: Harvard University Press, 1991.
- REIMERINK, L. **Every drop counts in making Amsterdam “Rainproof”**. Urbanland, Sustainability. 2017. Disponível em: <https://urbanland.uli.org/industry-sectors/infrastructure-transit/every-drop-counts-making-amsterdam-rainproof> Acesso em: 26 maio 2020.
- REIS, L. F.; SILVA, R. L. M. Decadência e renascimento do Córrego Cheong-Gye em Seul, Coreia do Sul: as circunstâncias socioeconômicas de seu abandono e a motivação política por detrás do projeto de restauração. *In: Urbe*, Revista Brasileira de Gestão Urbana, jan./abr., v. 8, p. 113-129. 2016.

- RENTACHINTALAA, L. R. N. P.; REDDYA, M. G. M.; MOHAPATRA, P. K. Urban stormwater management for sustainable and resilient measures and practices: a review. *In: Water Science & Technology*, v. 85, n. 4, p. 1120-1140, fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2022.017>. Acessado em: 20 fev. 2022.
- RESENDE, L. M.; ROCHA, E. A pedagogia da viagem como instrumento de pesquisa: uma discussão sobre o método. *In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS (ENPOS/UFPel)*, XX. **Anais**. Pelotas, RS, 2018.
- REZENDE, S. C.; HELLER, L. **O Saneamento no Brasil – Políticas e Interfaces**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.
- REZENDE, V. L. F. M. **Planos, regulação urbanística e intervenções no Rio de Janeiro: diferenças entre pensar e produzir a cidade**. *In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO*, III. **Anais**. São Paulo: 2014. 16 p.
- RHODES, R. A. W. **The New Governance: Governing Without Government Political Studies**. University of New Castle-upon-Tyne, v. 44, n. 4, p. 652-667, set. 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9248.1996.tb01747.x> Acesso em: 8 jan. 2022.
- RIBEIRO, E. L.; SILVA, G. J. A. da; SILVEIRA, J. A. R. da. Cidades compactas e verdes: discussões acerca da qualidade de vida e sustentabilidade urbana. *In: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v. 23, n. 33, 2º sem. Belo Horizonte, 2016.
- RIBEIRO, M. S.; MARTINS, E. A informação como instrumento de contribuição da contabilidade para a compatibilização no desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente. *In: Caderno de Estudos [on-line]*. 1993, n. 9, pp. 01-13. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-92511993000200005> Acesso em: 24 maio 2021.
- RIBEIRO, P. S. **Resiliência hídrica: o potencial de reúso de água de chuva no município do Rio de Janeiro**. 2016. 75 f. Monografia (Bacharel em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, 2016.
- RIJKSWATERSTAAT. **Plano Mais Espaço para os Rios**. Governo dos Países Baixos. 2020. Disponível em: www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/index.aspx. Acesso em: 25 maio 2020.
- RIO DE JANEIRO (Estado). **Lei Estadual n.º 3.239, de 2 de agosto de 1999**. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos; cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; regulamenta a Constituição Estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII; e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ, [1999]. Disponível em: <https://www.alerj.rj.gov.br>. Acesso em: 2 mar. 2022.
- RIO DE JANEIRO. **Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro**. Edição revisada e ampliada. 304 p. Rio de Janeiro: Câmara Municipal, [1990]. Disponível em: www.camara.rj.gov.br Acesso em: 17 jun. 2022.
- _____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Índice de Desenvolvimento Social (IDS): comparando as realidades microurbanas da cidade do Rio de Janeiro**. Instituto

Municipal de Urbanismo Pereira Passos. Coleção Estudos Cariocas, abr. 2008. Disponível em: www.armazemdedados.rio.rj.gov.br. Acesso em: 10 maio 2021.

_____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Características Geográficas**. 2009a. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/web/riotur/caracteristicas-geograficas> Acesso em: 30 out. 2020.

_____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Plano Estratégico da Prefeitura do Rio de Janeiro 2009-2012**. [on-line] 2009b. Disponível em: http://www.planejamento.rj.gov.br/Projetos/plano_estrategico_2007_2010.pdf Acesso em 12 nov. 2020.

_____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro**. [on-line] 2011. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/web/smu/plano-diretor1> Acesso em: 20 maio 2021.

_____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Rio Patrimônio Cultural. In: **Revista do Patrimônio Cultural do Rio de Janeiro**. Ano II, n. 1., jul. 2012. Rio de Janeiro, 2012.

_____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Rio de Janeiro – Em busca da resiliência frente chuvas fortes**. Campanha da United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) em parceria com a Secretaria Nacional de Defesa Civil. Subsecretaria de Defesa Civil. Rio de Janeiro, 2013. 21p.

_____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Programa Sena Limpa vai despoluir seis praias do Rio até o fim do ano**. [on-line] 2014. Disponível em: <http://www.pcrj.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=4588208> Acesso em: 20 maio 2021.

_____. **Projeto de Lei Complementar PLC n.º 107, de 14 de abril de 2015**. Institui o PEU da Ilha do Governador – Plano de Estruturação Urbana dos bairros da Ribeira, Zumbi, Pitangueiras, Cacuia, Jardim Guanabara, Jardim Carioca, Praia da Bandeira, Cocotá, Bancários, Freguesia, Tauá, Moneró, Portuguesa, Galeão e Cidade Universitária, integrantes da XX RA, e dá outras providências. Rio de Janeiro: Câmara Municipal, [2015a]. Disponível em: www.camara.rj.gov.br. Acesso em: 17 set. 2021.

_____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro (PDMAP)**. Secretaria Municipal de Saneamento e Recursos Hídricos. Fundação Instituto das Águas. Rio de Janeiro, 2015b. 258p.

_____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Evolução da ocupação e uso do solo: 2014, 2015 e 2016**. 2016a. Secretaria Municipal de Urbanismo. Disponível em: www.rio.rj.gov.br Acesso em 13 maio 2021.

_____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Rio Resiliente – Estratégia de Resiliência da Cidade do Rio de Janeiro**. The Rockefeller Foundation. 97p. Rio de Janeiro, 2016b.

_____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de dispositivos de drenagem**. Fundação Rio-Águas. Rio de Janeiro, 2019. 59p. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4244719/InstrucaoTecnicaREVISA01.pdf> Acesso em: 19 fev. 2022.

- _____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Relatório de dados pluviométricos da estação Ilha do Governador**. Sistema Alerta Rio. 2020. Disponível em: <http://alertario.rio.rj.gov.br/download/dados-pluviometricos>. Acesso em: 22 ago. 2021.
- _____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Áreas de atuação e obras de drenagem na cidade do Rio de Janeiro**. Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro. 2021a. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/web/rio-aguas/obras-de-drenagem-na-cidade> Acesso em 16 maio 2021.
- _____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Da Guanabara dos índios aos cariocas de todas as origens – 450 anos de História**. Secretaria da Casa Civil. Arquivo Geral da Cidade do Rio de Janeiro. 2021b, 150p. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/arquivogeral/linhadotempo>. Acesso em: 29 jan. 2021.
- _____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Uso da água de chuva no Rio de Janeiro**. 2021c. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. Disponível em: <https://pcrj.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=f6f9875485914fafb85ac69d0b004bef> Acesso em: 22 maio 2021.
- _____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Plano Diretor da Cidade do Rio de Janeiro**. 2021d. Secretaria Municipal de Planejamento Urbano. Disponível em: <https://planodiretor-pcrj.hub.arcgis.com>. Acesso em: 19 set. 2021.
- _____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Bairros Cariocas**. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. 2021e. Disponível em: <https://pcrj.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=7fe1b0d463e34b3b9ca2fafd50c3df76> Acesso em: 27 ago. 2021.
- _____. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **O Plano Estratégico da Cidade do Rio de Janeiro 2021-2024**. 2021f. Secretaria Municipal de Fazenda e Planejamento. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <https://plano-estrategico-2021-a-2024-pcrj.hub.arcgis.com/> Acesso em: 17 jan. 2022.
- RMBH. **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Plano Metropolitano. 2010. Disponível em: <http://www.rmbh.org.br/pddi>. Acesso em: 19 out. 2020.
- _____. **Plano Metropolitano da Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Portal de iniciativa da Universidade Federal de Minas Gerais. 2020. Disponível em: <http://www.rmbh.org.br/rmbh.php>. Acesso em: 21 out. 2020.
- ROBERTSON, R. M. L. F.; SÁNCHEZ, C. Educação Ambiental na APARU (Área de Proteção Ambiental Recuperação Urbana) do Manguezal do Jequiá – Rio de Janeiro. *In: Revista Educação Ambiental em Ação*. [on-line] v. 9, n. 32, jun.-ago. 2010. Disponível em: <https://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=855>. Acesso em: 8 jan. 2022.
- ROCHA, A. A. **Histórias do Saneamento**. Instituto Samuel Murgel Branco. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2016. 152p.
- RODRIGUES, J. C. R.; NASCIMENTO, R.S. Saber ambiental, complexidade e educação ambiental. *In: Revista Brasileira de Educação ambiental (REVBEA)*, v. 11, n. 5, p. 152-165. São Paulo, 2017.

- ROMEIRO, A.; BOTELHO, A. V. **Dicionário histórico das Minas Gerais. Período colonial.** Belo Horizonte: Autêntica, 2003.
- ROSEN, G. **Uma história de saúde pública.** São Paulo: Hucitec/Abrasco, 1994.
- ROSSA, W. **O plano de Lisboa de 1758.** Universidade de Coimbra. Aula ministrada na Faculdade de Arquitectura em 7 abr. 2010. Coimbra: CES, 2010. 63 p.
- RUSSO, P. R. Ilha do Governador: considerações acerca de seu processo de ocupação. *In: GEOUERJ Revista do Departamento de Geografia*, v. 2, p.89-100. Rio de Janeiro, 1997.
- SAMAR, S.; MAGDY, N. **The Living walls as an approach for a healthy urban environment.** Elsevier & Energy Procedia, 2011, v. 6, p. 592-599. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 1 maio 2020.
- SAMPAIO, R. C.; BARROS, S. A. R.; MORAIS, R. Como avaliar a deliberação online? Um mapeamento de critérios relevantes. *In: Opinião Pública* (UNICAMP, Impresso), v. 18, p. 470-489, 2012.
- SANTOS, A. C. de S.; DA SILVA, E. R.; FILHO, G. G. A luta pela preservação do estuário do rio Jequiá – Ilha do Governador – RJ: a degradação do remanescente de manguezal e sua contextualização histórica. *In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, IX.* 2003. **Anais.** [on-line] Disponível em https://www.abequa.org.br/trabalhos/sensoriamento_345.pdf. Acesso em: 2 jan. 2022.
- SÃO PAULO. Prefeitura da Cidade de São Paulo. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo.** Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), São Paulo, 1998. 289 p.
- SEATTLE. **Green Stormwater Infrastructure (GSI).** Seattle Public Utilities. [on-line] 2021. Disponível em: <https://www.seattle.gov/utilities/your-services/sewer-and-drainage/green-stormwater-infrastructure> Acesso em: 29 dez. 2021.
- SEBEN ONEDA, T. M. **Planos diretores de drenagem urbana: uma análise comparativa entre planos de países desenvolvidos e em desenvolvimento.** 2018. 135p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Santa Catarina, Joinville, 2018.
- SEM (Société des Eaux de Marseille). **Marseille et la Provence, vitrines d’une gestion exemplaire de l’eau.** Groupe Eaux de Marseille. Marselha: EPIC, 2008.
- SEN, A. **Desenvolvimento como Liberdade.** Tradução: Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.
- SEOUL METROPOLITAN GOVERNMENT. **Cheong-Gye Cheon Restoration Project.** Governo da Cidade Especial de Seul. 2006. Disponível em: <http://english.seoul.go.kr>. Acesso em: 17 maio Seul, 2020.
- SERAMM. Service d’Assainissement Marseille Métropole. **Mission de gérer les eaux pluviales.** 2020. Disponível em: <https://www.seram-metropole.fr/qui-sommes-nous/mission/gerer>. Acesso em: 27 set. 2020.

- SEWERHISTORY. **The history of sanitary sewers.** World Press Theme. [on-line] 2022. Disponível em: www.sewerhistory.org Acesso em: 29 jan. 2022.
- SHIN, I. K.; YI, H. B.; BAE, Y. J. Colonization and community changes in benthic macroinvertebrates in Cheong-Gye Stream, a restored downtown stream in Seoul, Korea. *In: Journal of Ecology and Environment*, v. 34, p.175-191. 2011.
- SILVA, C. G. da. **Lisboa medieval: a organização e a estruturação do espaço urbano.** Lisboa: Colibri, 2008.
- SILVA, E. R. da *et al.* **Diagnóstico Ambiental Preliminar da Bacia do Rio Jequiá – Ilha do Governador.** 1991. 105 p. (Relatório final) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente. Departamento de Biologia Animal e Vegetal. Rio de Janeiro, 1991.
- SILVA, E. R. da. **Os cursos da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos.** 1998. 166f. Tese (Doutorado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 1998.
- SILVA, G. J. A. da. ROMERO, M. A. B. Cidades sustentáveis: uma nova condição urbana a partir de estudos aplicados a Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, Brasil. *In: Ambiente Construído*, v. 13, n. 3, p. 253-266. ISSN 1678-8621. Porto Alegre, 2013.
- SILVA, M. A. D. da. **A Família Real no Rio de Janeiro: doenças e práticas terapêuticas no período joanino.** Pesquisa do projeto PROVOC Avançada. Rio de Janeiro: Casa de Oswaldo Cruz, 2009.
- SILVA, S. R. **A contribuição da infraestrutura verde para as cidades.** 2017, 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2017.
- SILVA, S. R. **Os impactos da urbanização na drenagem urbana.** Apresentação na Escola Politécnica de Pernambuco. Universidade de Pernambuco. Recife, 2015.
- SILVEIRA, A. L. L. da. **Drenagem Urbana – Aspectos de Gestão.** Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq). Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS). Porto Alegre, 2002.
- SILVEIRA, A. L. L. da. Hidrologia Urbana no Brasil. *In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. D. M. (Org.) Avaliação e Controle da Drenagem Urbana.* Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000.
- SILVEIRA, A. L. L. da. **Trama verde-azul e drenagem urbana sustentável.** *In: LADWIG, N. I.; SCHWALM, H. (Org.) Planejamento e gestão territorial: a sustentabilidade dos ecossistemas urbanos.* EDIUNESC, cap. 3. DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/pgt03>. Criciúma: 2018.
- SIWI. **eThekwini Water & Sanitation.** The Stockholm Industry Water Award 2014 (SIWA) of the Stockholm International Water Institute (SIWI). Artigo disponível em: <https://www.sivi.org/prizes/winners/2014-2>. Acesso em: 24 jun. 2020.
- SOARES, M. P. A dificuldade em definir cidade: atualidade da discussão à luz de contributos recentes. *In: Cadernos Metrópole*, v. 21, n. 45, pp. 647-668, maio/ago. 2019. Pontifícia

- Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2019-4513>. Acesso em: 22 jan. 2022.
- SOBRINHO, M. G. A viagem como procedimento metodológico na pesquisa em história da arte: um percurso pelas obras de Cristina Iglesias. *In: COLÓQUIO INTERNACIONAL ESTÉTICAS NO CENTRO, IV, Mesa 6: viagens e métodos. Anais. [on-line]* Brasília: 21-30 jun. 2021.
- SOLUÇÕES PARA CIDADES. **Controle de inundações – Programa Ruas Verdes de Portland (EUA)**. Iniciativas Inspiradoras. 2020a. Disponível em: <https://www.solucoesparacidades.com.br/>. Acesso em: 17 abr. 2020.
- _____. **Programa DRENURBS – Uma concepção inovadora dos recursos hídricos no meio urbano Belo Horizonte (MG)**. Iniciativas Inspiradoras. 2020b. Disponível em: <https://www.solucoesparacidades.com.br/>. Acesso em: 22 out. 2020.
- SOUZA, C. F., GONÇALVES, L. S., GOLDENFUM, J. A. **Planejamento Integrado do Sistema de Drenagem Urbana**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS) Porto Alegre, 2007.
- SOUZA, V. C. B., MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. Déficit na drenagem Urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição. *In: Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, v.1, n.2, p.162-175, 2013. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7213/6416>. Acesso em: 9 abr. 2022.
- SYDNEY. Water Sensitive Sydney Summit Summary. *In: Resiliente Sydney: a strategy for city resilience – Action 14. Sydney 2030*. 21 Fev. 2018. Disponível em: <https://www.cityofsydney.nsw.gov.au/vision/sustainable-sydney-2030>. Acesso em: 1 maio 2020.
- SZABO, A. **The value of free water: analyzing South Africa’s free basic water policy**. Article from *Econometrica*, v. 83. Economics Department, University of Houston. Houston, 2013.
- TAVARES, R. **O pequeno livro do grande terramoto**. Lisboa: Edições Tinta da China, 2005.
- TORRES, R. D. **Governabilidade, governança e poder informal: um problema central de sociologia política**. V. 16, n. 1, p. 153-171. Porto Alegre: Civitas, 2016.
- TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. *In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)*, v. 7, n.º 1, p. 5-27. ABES, 2002.
- _____. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. *In: REGA/Global Water Partnership South America*, v. 1. 2004. Santiago: GWP/South America, 2004.
- _____. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007. 393 p.
- TUCCI, C. E. M., BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 2003.
- TUCCI, C. E. M., MARQUES, D. M. L. D. M. **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2000.

- TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos (SQA), 302 p. Brasília, 2006.
- TURNER, A.; WHITE, S.; CHONG, J.; DICKINGSON, M.A.; COOLEY, H.; DONNELLY, K. **Managing drought: Learning from Australia**. In: Relatório elaborado por Alliance for Water Efficiency, Institute for Sustainable Futures, University of Technology Sydney e Pacific Institute for the Metropolitan Water District of Southern California, San Francisco Public Utilities Commission e Water Research Foundation. 2016. Disponível em: <https://pacinst.org/publication/managing-drought-learning-from-australia>. Acesso em: 1 maio 2020.
- UFMG. **Sociólogo e economista Ignacy Sachs discute, no Conservatório UFMG, alternativas ao petróleo**. Universidade Federal de Minas Gerais. [on-line] Notícia do Boletim Informativo de 12 nov. 2008. Disponível em: <https://www.ufmg.br/online/arquivos/010333.shtml> Acesso em 6 nov. 2020.
- UFSC. **O que é permacultura?** Núcleo de estudos em permacultura da UFSC. Disponível em: <https://permacultura.ufsc.br/o-que-e-permacultura>. Acesso em: 12 jun. 2022.
- UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects 2018: Highlights**. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (ST/ESA/SER.A/421), 2019.
- VAINER, C. B. Pátria, empresa e mercadoria: nota sobre a estratégia discursiva do planejamento estratégico urbano. In: ARANTES, O.; VAINER, C. e MARICATO, E. (Org.). **A cidade do pensamento único: desmanchando consensos**. Ed. Vozes, 3ª ed., p. 75-103. Rio de Janeiro, 2000.
- VAN ROON, M. R. Water localisation and reclamation: steps towards low impact urban design and development. In: **Journal of Environmental Management**, Elsevier, n. 83, p. 437-447, 2007. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479706001368. Acesso em 26 mar. 2020.
- _____. Water sensitive residential developments: Application of LIUDD principles and methods in the Netherlands, Australia and New Zealand. In: **Urban Water Journal**, v. 8, n. 6, p. 325-335, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2011.614695> Acesso em: 15 maio 2022.
- VAN ROON, M., VAN ROON, H. Low Impact Urban Design and Development Principles for Assessment of Planning, Policy and Development Outcomes. In: **Centre for Urban Ecosystem Sustainability (CUES)**, p. 1-9. University of Auckland, Landcare Research Ltd., Auckland, 2005.
- VIDAL, J. P.; FILHO, D. de S. R. Desafios de uma Nova Gestão Pública para o Desenvolvimento dos Municípios do Pará. In: **Novos Cadernos do NAEA**, v. 14, n. 2. Belém, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5801/ncn.v14i2.426>. Acesso em: 8 jan, 2022.
- VIEIRA, S. J. **Seleção de Áreas para o Sistema de Tratamento e Disposição Final dos Resíduos Sólidos de Florianópolis - SC**. 1999, 126 p. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

- VILELA, R. B.; RIBEIRO, A.; BATISTA, N. A. Nuvem de palavras como ferramenta de análise de conteúdo: uma aplicação aos desafios de ensino no mestrado profissional. *In: Millenium*, v. 2, n. 11, p. 29-36, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.29352/mill0211.03.00230>. Acesso em: 15 maio 2022.
- VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. *In: DEÁK, C.; SCHIFFER, S. R. (Org.). O Processo de Urbanização no Brasil*. FUPAM, 2ed. São Paulo, 2010.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. 2ª ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil Ltda., 1980.
- VIOLA, H. **Gestão de Águas Pluviais em Áreas Urbanas – O Estudo de Caso da Cidade do Samba**. 2008. 384 f. Dissertação (Mestre em Ciências em Planejamento Energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.
- WATERBUCKET. **Rainwater Management**. Partnership for water sustainability in British Columbia. [on-line] 2021. Disponível em: <https://waterbucket.ca/rm/> Acesso em: 29 dez. 2021.
- WILTSHIER, F. Researching with NVivo 8. *In: Forum: Qualitative Social Research (FQS)*, v. 12, n. 1, art. 23, 2011. Disponível em: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs1101234> Acesso em: 25 jan. 2022.
- WONG, T. H. F., FLETCHER, T. D., DUNCAN, H. P., COLEMAN, J. R., JENKINS, G. A. **A model for urban stormwater improvement conceptualisation**. *In: International Environmental Modelling and Software Society Conference*. Suíça, Lugano: 2002.

APÊNDICE A – Descrição dos membros representantes e dos objetivos dos órgãos de apoio à presidência da Fundação Rio-Águas

CONSELHO CURADOR	
Membros Representantes	Objetivos
<p>I – membros natos:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Secretário Municipal de Obras – Secretário Municipal do Meio Ambiente – Secretário Municipal de Conservação e Serviços Públicos; – Presidente da Fundação RIO-ÁGUAS – 2 (dois) representantes da Fundação RIO-ÁGUAS (indicados pelo Presidente). <p>II – membros de cada uma das seguintes entidades, a serem indicados em lista comum para escolha e nomeação pelo Prefeito, na forma do Regimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Clube de Engenharia – Instituto dos Arquitetos do Brasil – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental <p>III – representante de movimento comunitário da Cidade do Rio de Janeiro.</p>	<p>I - fixar a orientação geral dos negócios da Fundação;</p> <p>II - fiscalizar a gestão administrativa da Fundação;</p> <p>III - aprovar, por deliberação, o Estatuto e o Regimento Interno, assim como suas alterações, após aprovação prévia do Prefeito;</p> <p>IV - aprovar as propostas das Diretorias referentes à alteração ou modificação da estrutura organizacional;</p> <p>V - aprovar as alterações de quantitativos do quadro de pessoal permanente da Fundação;</p> <p>VI - aprovar as propostas do orçamento anual e plurianual de investimento;</p> <p>VII - aprovar planos, programas, estudos e projetos de interesse da Fundação;</p> <p>VIII - executar outras atividades inerentes ao Conselho Curador.</p>

CONSELHO FISCAL	
Membros Representantes	Objetivos
<ul style="list-style-type: none"> – Controladoria-Geral do Município do Rio de Janeiro – Secretaria Municipal de Fazenda – Secretaria Municipal de Obras 	<p>I - fiscalizar os atos dos administradores relativos à gestão financeira;</p> <p>II - opinar sobre o Relatório Anual da Gestão, os balanços orçamentários, financeiros, patrimoniais e demais demonstrações integrantes da prestação de contas anual, fazendo constar do seu parecer as informações complementares que julgar necessárias;</p> <p>III - opinar sobre as propostas dos órgãos da Fundação relativas a planos de investimento ou orçamentos de capital;</p> <p>IV - informar, aos órgãos superiores da administração, os erros, fraudes ou crimes evidenciados relativos à gestão financeira, e sugerir providências necessárias para proteção dos interesses da Fundação;</p> <p>V- solicitar, a pedido de qualquer um de seus membros, aos órgãos da Fundação, esclarecimentos ou informações, assim como a elaboração de demonstrações orçamentárias, financeiras ou patrimoniais especiais;</p> <p>VI - executar outras atividades inerentes ao Conselho Fiscal.</p>

CONSELHO CONSULTIVO	
Membros Representantes	Objetivos
<p>I – representantes da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Secretaria Municipal de Obras 	<p>I - fixar a orientação geral dos negócios da Fundação;</p>

<ul style="list-style-type: none"> - Fundação Rio-Águas - Secretaria Municipal de Meio Ambiente - Secretaria Municipal de Saúde - Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos - Procuradoria Geral do Município <p>II – representantes dos órgãos governamentais relacionados ao setor de saneamento básico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - AGENERSA <p>III – representantes dos prestadores de serviços públicos de saneamento básico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - CEDAE <p>IV – representantes dos usuários de serviços de saneamento básico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comitê da Bacia de Guanabara - Comitê da Bacia do Rio Guandu <p>V – representantes de entidades técnicas, organizações da sociedade civil e de defesa do consumidor relacionadas ao setor de saneamento básico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - Federação das Associações de Moradores do Município do Rio de Janeiro - Secretaria Extraordinária de Proteção e Defesa do Consumidor 	<p>II - fiscalizar a gestão administrativa da Fundação;</p> <p>III - aprovar, por deliberação, o Estatuto e o Regimento Interno, assim como suas alterações, após aprovação prévia do Prefeito;</p> <p>IV - aprovar as propostas das Diretorias referentes à alteração ou modificação da estrutura organizacional;</p> <p>V - aprovar as alterações de quantitativos do quadro de pessoal permanente da Fundação;</p> <p>VI - aprovar as propostas do orçamento anual e plurianual de investimento;</p> <p>VII - aprovar planos, programas, estudos e projetos de interesse da Fundação;</p> <p>VIII - executar outras atividades inerentes ao Conselho Curador.</p>
---	--

DIRETORIA COLEGIADA	
Membros Representantes	Objetivos
<ul style="list-style-type: none"> - Presidente da Fundação Rio-Águas - Chefia de Gabinete - Diretoria Jurídica - Diretoria de Estudos e Projetos - Diretoria de Obras e Conservação - Diretoria de Análise e Fiscalização - Diretoria de Saneamento - Diretoria de Administração e Finanças. 	<p>I - deliberar, no âmbito de suas atribuições, quanto à interpretação das leis, normas e contratos, bem como sobre os casos omissos relativos aos serviços públicos delegados;</p> <p>II - fixar critérios, indicadores, fórmulas, padrões e parâmetros de qualidade dos serviços e de desempenho dos prestadores, estimulando a constante melhoria da qualidade, produtividade e eficiência, bem como a preservação e conservação do meio ambiente;</p> <p>III - fixar critérios para o estabelecimento de tarifas e contraprestações relativas aos serviços públicos delegados, bem como cumprir as regras quanto aos reajustes e promover as revisões destes valores em consonância com as normas legais e contratuais.</p>

Fonte: Fundação Rio-Águas, 2022.

APÊNDICE B – Resumo das áreas de implantação de propostas de gestão de águas pluviais, em metros quadrados (m²), sob o conceito de desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto, por bairros da Ilha do Governador

BAIRRO	Área de Preservação Permanente	Praças e Canteiros	Parques Municipais	Bacias de Captação	Favelas	APARU	Colônia de Pescadores Z-10	Edificações de Alta Densidade	Cemitério	Base Aérea Militar	Aeroporto Internacional	ETE	Complexo Industrial	TOTAL
Bancários	15.211,64	12.416,04	-	191.713,28	137.682,38	-	-	-	-	-	-	-	-	357.023,34
Cacuaia	-	10.270,76	-	-	14.725,94	1.424.882,43	78.533,71	60.128,46	53.139,63	-	-	-	-	1.641.680,93
Cocotá	22.073,19	14.409,17	63.146,47	-	4.540,74	-	-	-	-	-	-	-	-	104.169,57
Freguesia	1.199.096,88	4.956,09	-	58.479,97	189.076,41	-	-	-	-	-	-	-	-	1.451.609,35
Galeão	3.048.215,63	8.353,92	-	58.479,97	652.944,15	-	-	-	-	278.158,67	8.175.105,87	-	-	12.221.258,21
Jd. Carioca	-	40.799,76	-	-	157.597,79	-	-	85.868,85	-	-	-	-	-	284.266,40
Jd. Guanabara	52.491,23	139.008,79	54.463,58	-	14.385,97	-	-	-	-	-	-	-	-	260.349,57
Moneró	-	7.535,54	26.039,00	-	-	-	-	40.845,80	-	-	-	-	-	74.420,34
Pitangueiras	19.439,87	55.543,16	-	-	124.105,20	-	-	-	-	-	-	-	-	199.088,23
Portuguesa	-	27.696,23	48.921,55	40.017,06	84.506,32	-	-	498.655,26	-	-	-	-	-	699.796,42
P. da Bandeira	15.817,48	3.252,10	-	-	-	-	-	97.115,92	-	-	-	-	-	116.185,50
Ribeira	80.286,44	4.394,40	-	-	-	-	-	3.838,51	-	-	-	-	288.733,96	377.253,31
Tauá	22.190,11	18.113,18	-	-	348.091,59	-	-	-	-	-	-	52.998,34	-	441.393,22
Zumbi	-	2.468,88	10.434,42	-	-	-	-	20.849,45	-	-	-	-	-	33.752,75
TOTAL	4.474.822,47	349.218,02	203.005,02	348.690,28	1.727.656,49	1.424.882,43	78.533,71	807.302,25	53.139,63	278.158,67	8.175.105,87	52.998,34	288.733,96	

Fonte: O autor, 2022.

APÊNDICE C – Resumo das propostas sob o conceito de desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto para os bairros da Ilha do Governador

Ativo Potencial	Proposta	Área	(%)
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4
BANCÁRIOS		1.033.959,74 m²	2,9%
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	15.211,64 m ²	1,47%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	12.416,04 m ²	1,20%
Bacia de Captação Ilha das Enxadas	SbN (Soluções baseadas na Natureza): bacia de acumulação, amortecimento ou retenção, telhados sustentáveis (telhados verdes e azuis), pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, revegetação e limpeza do córrego urbano	191.713,28 m ²	18,54%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável	137.682,38 m ²	13,32%
Área total de implantação no bairro		357.023,34 m²	34,53%

CACUIA		2.038.512,02 m²	5,6%
APARU do Jequiá	Tratada no item 6.4.16	1.424.882,43 m ²	69,90%
Colônia de Pescadores Z-10	Políticas de reurbanização sustentável	78.533,71 m ²	3,85%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	10.270,76 m ²	0,50%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	60.128,46 m ²	2,95%
Cemitério da Cacuia	Adequação para critérios de cemitérios sustentáveis	53.139,63 m ²	2,61%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável	14.725,94 m ²	0,72%
Área total de implantação no bairro		1.641.680,93 m²	80,53%

COCOTÁ		494.451,02 m²	1,4%
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	22.073,19 m ²	4,46%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	14.409,17 m ²	2,91%

Parque Manuel Bandeira	Dispositivos de microdetenção, paisagismo de alto desempenho, adaptação de áreas de estacionamento para controle de águas pluviais, arborização sustentável	63.146,47 m ²	12,77%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável	4.540,74 m ²	0,92%
	Área total de implantação no bairro	104.169,57 m²	21,07%

	FREGUESIA	3.669.462,16 m²	10,1%
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	1.199.096,88 m ²	32,68%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	4.956,09 m ²	0,14%
Bacia do Canal da Freguesia	Revegetação das margens do canal e manutenção da área preservada	58.479,97 m ²	1,59%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável	189.076,41 m ²	5,15%
Canal da Freguesia	Participação democrática no planejamento da gestão das águas pluviais	-	
	Área total de implantação no bairro	1.451.609,35 m²	39,56%

	GALEÃO	18.906.009,13 m²	52,2%
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	3.048.215,63 m ²	16,12%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	8.353,92 m ²	0,04%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável	652.944,15 m ²	3,45%
Base Aérea do Galeão	Área Militar	278.158,67 m ²	1,47%
Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro Galeão Antônio Carlos Jobim	Adequação para critérios de aeroportos sustentáveis	8.175.105,87 m ²	43,24%
Bacia do Canal 20 de Janeiro	Revegetação das margens do canal e manutenção da área preservada	58.479,97 m ²	0,31%
Canal 20 de Janeiro	Participação democrática no planejamento da gestão das águas pluviais	-	
Canal da Portuguesa (parte)	Participação democrática no planejamento da gestão das águas pluviais	-	
	Área total de implantação no bairro	12.221.258,21 m²	64,64%

	JARDIM CARIOCA	1.639.025,36 m²	4,5%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da	85.868,85 m ²	5,24%

	infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados		
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	40.799,76 m ²	2,49%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável	157.597,79 m ²	9,62%
	Área total de implantação no bairro	284.266,40 m²	17,34%

	JARDIM GUANABARA	3.205.857,13 m²	8,8%
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	52.491,23 m ²	1,64%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	139.008,79 m ²	4,34%
Parque Marcello de Ipanema	Dispositivos de microdetenção, paisagismo de alto desempenho, adaptação de áreas de estacionamento para controle de águas pluviais, arborização sustentável	54.463,58 m ²	1,70%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável	14.385,97 m ²	0,45%
	Área total de implantação no bairro	260.349,57 m²	8,12%

	MONERÓ	520.551,12 m²	1,4%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	7.535,54 m ²	1,45%
Parque Professor Roy Robson	Dispositivos de microdetenção, paisagismo de alto desempenho, adaptação de áreas de estacionamento para controle de águas pluviais, arborização sustentável	26.039,00 m ²	5,00%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	40.845,80 m ²	7,85%
	Área total de implantação no bairro	74.420,34 m²	14,30%

	PITANGUEIRAS	604.112,55 m²	1,7%
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	19.439,87 m ²	3,22%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	55.543,16 m ²	9,19%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável	124.105,20 m ²	20,54%
	Área total de implantação no bairro	199.088,23 m²	32,96%

	PORTUGUESA	1.196.391,46 m²	3,3%
Bacia do Canal da Portuguesa	Planejamento de parque aberto linear	40.017,06 m ²	3,34%

Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	27.696,23 m ²	2,31%
Parque Professor Roy Robson	Dispositivos de microdetenção, paisagismo de alto desempenho, adaptação de áreas de estacionamento para controle de águas pluviais, arborização sustentável	48.921,55 m ²	4,09%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	498.655,26 m ²	41,68%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável	84.506,32 m ²	7,06%
Área total de implantação no bairro		699.796,42 m²	58,49%

PRAIA DA BANDEIRA		379.959,35 m²	1,0%
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	15.817,48 m ²	4,16%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	3.252,10 m ²	0,86%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	97.115,92 m ²	25,56%
Área total de implantação no bairro		116.185,50 m²	30,58%

RIBEIRA		729.384,56 m²	2,0%
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	80.286,44 m ²	11,01%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	4.394,40 m ²	0,60%
Complexo Petroquímico da Ribeira	Adequação das instalações às boas práticas ambientais sustentáveis	288.733,96 m ²	39,59%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	3.838,51 m ²	0,53%
Área total de implantação no bairro		377.253,31 m²	51,72%

TAUÁ		1.672.087,49 m²	4,6%
Área de Preservação Permanente	Manutenção da área preservada e reflorestamento com vegetação nativa	22.190,11 m ²	1,33%

Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	18.113,18 m ²	1,08%
Estação de Tratamento de Esgotos do Tauá	Adequação das instalações às boas práticas ambientais sustentáveis	52.998,34 m ²	3,17%
Favela	Políticas de reurbanização sustentável	348.091,59 m ²	20,82%
	Área total de implantação no bairro	441393,22 m²	26,40%

ZUMBI		161.280,01 m²	0,4%
Praças e canteiros	Microdetenção: jardins de chuva, biovaletas ou valas de infiltração, bacias de acumulação, áreas verdes e sistemas de biorretenção	2.468,88 m ²	1,53%
Edificações de alta densidade	SbN (Soluções baseadas na Natureza): telhados sustentáveis ^c (telhados verdes e azuis) pavimentação permeável, recuperação da infraestrutura cinza tradicional, redução de compactação de gramados	20.849,45 m ²	12,93%
Parque Almirante Sousa Melo	Dispositivos de microdetenção, paisagismo de alto desempenho, adaptação de áreas de estacionamento para controle de águas pluviais, arborização sustentável	10.434,42 m ²	6,47%
	Área total de implantação no bairro	33.752,75 m²	20,93%

ILHA DO GOVERNADOR			
	Área total da Ilha do Governador	36.251.043,15 m²	100,0%
	Área total de implantação das propostas	18.262.247,14 m²	50,4%

Legenda:

Col. 1 – Áreas de infraestrutura local tratadas como “ativos ambientais em potencial”.

Col. 2 – Propostas de técnicas sustentáveis de gestão das águas pluviais relacionadas ao uso e ocupação do solo sob o conceito LIUDD.

Col. 3 – Área total de cada bairro da Ilha do Governador, seguida das áreas de implantação de cada proposta de técnicas sustentáveis.

Col. 4 – Porcentagem total da área de cada bairro em relação à área total da Ilha do Governador, seguida das porcentagens da área de implantação de cada proposta em relação ao bairro de referência.

Fonte: O autor, 2022.

APÊNDICE D – Do Império Romano ao Rio de Janeiro: a sociedade e os modelos de gestão das águas⁸¹

Introdução

A evolução do homem político, social, econômico, histórico ou cultural, deve ser observada no tempo histórico da humanidade, sobre a fragmentação da história em eras, de modo a criar um cenário favorável ao entendimento da evolução da própria sociedade.

Através da periodização clássica da história, pode-se entender a evolução do homem, as primeiras formas de socialização e vivência em comunidade, os primeiros registros artísticos e religiosos, a justificativa de longas batalhas por território, o desenvolvimento da moeda e da economia, etc. (POMIAN, 1993).

A relação do homem com a água está diretamente ligada à mudança do comportamento da população humana, que passou de pequenos grupos de nômades a comunidades maiores e fixadas na terra. A partir do cultivo do trigo e cevada, as técnicas de irrigação surgiram e permitiram que essas comunidades fixas, cuja habilidade de domesticação de ovelhas havia sido dominada, passassem a ter uma vida mais sedentária, dando origem às primeiras cidades estruturadas.

O conceito de drenagem era basicamente atribuído a um conjunto de instrumentos que serviam à agricultura, a fim de atender unicamente às necessidades da irrigação das culturas. Com o surgimento de novas civilizações, novos modelos e práticas de drenagem passaram a ser desenvolvidos, como: a regulação da umidade do solo; a modificação dos leitos dos rios nas áreas destinadas à ocupação; e a prática de captação e transporte das águas das chuvas e das águas servidas (FERNANDES, 2002).

Metodologia

Este artigo é resultado de uma pesquisa de doutorado, que apresenta um modelo de gestão das águas pluviais para a cidade do Rio de Janeiro, sob o conceito de desenho e

⁸¹ Artigo publicado na revista Sustentabilidade em Debate – UnB, Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, v. 12, n.2, maio-ago. 2021, Brasília, DF, Brasil.

desenvolvimento urbano de baixo impacto ambiental. A pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa, descritiva e interpretativista da temática “gestão sustentável das águas da chuva”.

Conforme propõe Bardin (2011), a análise qualitativa de conteúdo é estruturada em três etapas: organização, codificação e categorização das informações, resultando em uma generalização analítica, capaz de permitir a replicação do método, sem necessariamente, exigir uma complementação quantitativa do tema.

A pesquisa descritiva trata da análise aprofundada da realidade pesquisada, objetivando identificar uma correlação entre as diversas variáveis, com o foco na descrição, classificação e interpretação dos fatos; assumindo que, a partir da observação e do entendimento de um determinado fenômeno, pode-se elaborar modelos ou *frameworks* capazes de sustentar e validar as hipóteses propostas em um determinado estudo (RUDIO, 1985).

Por fim, segundo Schwandt (1994), o interpretativismo busca compreender o mundo do ponto de vista daqueles que o vivenciam, permitindo entender o objeto de pesquisa como um resultado da interação social moldado pelos atores envolvidos, por meio de uma releitura dos significados dos fenômenos e eventos historicamente observados.

De acordo com Bardin (2011), que define a análise do conteúdo como um conjunto de instrumentos de cunho metodológico em constante aperfeiçoamento, aplicados a conteúdos e continentes diversificados; esta pesquisa busca correlacionar historicamente a influência dos modelos de gestão das águas pluviais implantados na cidade do Rio de Janeiro, a partir da colonização portuguesa, aos modelos e às técnicas oriundas das cidades do Império Romano.

Para tal, na fase de pré-análise, os dados foram obtidos por meio de consulta eletrônica aos periódicos de acesso livre disponíveis nos portais de pesquisas acadêmicas como: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), *Education Resources Information Center* (ERIC), *Google Books*, *Google Scholar*, *Jurn*, Portal Periódicos CAPES, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Scirus*, *Scientific Periodicals Electronic Library* (SPELL) e *The British Library*.

Posteriormente, por meio da opção de critérios avançados nos portais, foi realizada uma busca orientada pela Lógica de Boole, que trata de um tipo de sistema de recuperação da informação, no qual se combinam dois ou mais termos, relacionando-os por operadores lógicos, e que tornam a busca mais restrita ou detalhada (FERNEDA, 2003).

Esta busca avançada, por um período entre 2010 e 2020, permitiu criar vínculos entre “Rio de Janeiro” e “Portugal” sob a temática de “águas pluviais” com as ideias de: “sustentabilidade” e “modelos de gestão”, “Império Romano” e “grandes navegações”, e “técnicas sanitárias” e “qualidade das águas”; a partir do uso dos operadores “e”, “ou”, “e/ou” e “não”.

Os dados foram compilados por meio de planilhas eletrônicas e tabelas de referência cruzada, que serviram de *input* ao *software* NVivo® (versão 11), que foi escolhido para dar suporte à pesquisa, executando as tarefas de encontrar, analisar e organizar as informações dos documentos como: trabalhos e artigos científicos, revistas, jornais e conteúdo *web*, de acordo com a relevância e aderência ao tema, cujo resultado pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1: Resultado da análise de conteúdo do tema “gestão sustentável das águas das chuvas”

Vínculos	Documentos analisados	Relevância e aderência (%) ¹
“Império Romano” e “Reino de Portugal”	7.315	24,59
“Lusitânia” e “Império Romano”	6.149	20,67
“Portugal” e “grandes navegações”	5.887	19,79
“Lisboa” e “Augusta Emerita”	3.789	12,74
“Rio de Janeiro” e “Lisboa”	4.125	13,87
“águas pluviais” e “modelos de gestão”	2.478	8,33
Número total de documentos analisados	29.743	

Legenda:

¹ Determinado pela razão entre o número total de documentos analisados em um determinado vínculo e o número total de documentos analisados na pesquisa

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A análise de conteúdo foi vinculada ao tema “gestão sustentável da água da chuva” e resultou em 29.743 documentos que foram processados pelo *software* NVivo® de acordo com a relevância e aderência, cujo percentual foi determinado pela razão entre o total de documentos analisados em um link e o total de fontes de documentos analisadas obtidas a partir dos critérios de pesquisa avançada de 2010 a 2020.

Por fim, a análise de conteúdo destes documentos permitiu incluir essa exploração histórica na revisão de literatura da tese de doutorado, a fim de estreitar a percepção da

influência dos pensamentos das sociedades antigas, e da relação entre a prática e os modelos de gestão das águas, adotados pelo Reino de Portugal, que aportaram no Rio de Janeiro.

Da antiguidade ao Império Romano

De acordo com Morris (1998) e comparado com a periodização clássica da história sugerida por Pomian (1993), o estabelecimento das primeiras civilizações urbanas ocorreu durante a Idade do Bronze (3500-3000 a.C.), se prolongando por cerca de mais de dois mil anos.

Conforme determinados estudos arqueológicos, as primeiras civilizações têm surgido ao sul da Mesopotâmia (Egito); no vale do rio Indo (Paquistão); no rio Amarelo (China); no vale do México; nas florestas da Guatemala e de Honduras; e na costa e no planalto do Peru (DANIEL, 1968).

Segundo William Mc-Neill (1998), as populações passaram a se organizar como cidades-estado, apresentando características políticas, sociais, culturais, religiosas, econômicas, urbanísticas, e cujas transformações implicaram no fato mais importante da história humana: o aparecimento da civilização. Entre estas cidades-estado, destacam-se: a Civilização Minoica (na ilha de Creta, Grécia); a Síria antiga; o Egito (no nordeste da África) e a Suméria (na baixa e média Mesopotâmia, atual sul do Iraque e Kuwait).

Os sumérios (3500 a.C.) aumentaram a escala de agricultura irrigada, pois dominavam técnicas de drenagem, com o desvio das águas dos rios Tigres e Eufrates, cultivando vastos trechos de deserto aluvial, e a transformação da planície, antes estéril, em terras férteis. Ao ocuparem áreas sujeitas à ocorrência de constantes inundações, os sumérios foram obrigados a desenvolver grandes obras de engenharia, como os grandes diques; e ampliar os conhecimentos em arquitetura, passando a construir magníficas cidades ao longo das margens dos rios, cercadas de espessas muralhas, no interior das quais havia palácios, templos imponentes e mansões de alvenaria e inúmeras ruas de casas confortáveis (FERNANDES, 2002).

De uma forma análoga, importantes cidades passaram a existir ao longo das margens do rio Nilo (Egito) e em suas planícies, que propiciavam uma produção agrícola excedente capaz de instituir o comércio na região. A civilização egípcia possuía uma forte estratificação social, a partir da concentração do poder nas mãos do faraó; enquanto na civilização suméria, o poder estava baseado nas cidades-estados independentes (MORRIS, 1998).

Estudos arqueológicos têm ratificado a origem das civilizações no vale do rio Indo (3500-1700 a.C.), que compreende uma área do nordeste do Afeganistão, através de grande parte do Paquistão e o oeste e noroeste da Índia. Nas cidades de Harappa, Mehrgarh e Mohenjo-Daro (Paquistão) e Lothal (Índia) foram descobertas estruturas dos sistemas de drenagem construídos com grande cuidado, e que tinham como objetivo transportar as águas pluviais e águas servidas, bem como proteger as cidades contra inundações do degelo sazonal do Himalaia (WRIGHT, 2010).

Novos conceitos de drenagem foram aplicados nestas cidades à época, utilizando-se o assentamento de blocos de pedras para cercar áreas com cotas elevadas formando muralhas, a fim de garantir a reservação e a redução do escoamento das águas pluviais, enquanto o restante da cidade encontrava-se em uma cota mais baixa, também cercada por muralhas, onde os cidadãos desfrutavam de um privilégio bastante raro no mundo antigo: água encanada (MORRIS, 1998).

Os mecanismos de drenagem presentes nessas civilizações estavam diretamente associados à prática da agricultura e a ocupação das margens dos rios, com o aproveitamento da fertilidade dos solos de aluvião para a produção de alimentos. O crescimento da produção agrícola provocou o aumento populacional, e conseqüentemente, tornou-se necessária a produção de mais alimentos, a partir do avanço das tecnologias de drenagem que tornaram solos inférteis em agricultáveis.

Ainda na Idade do Bronze, observou-se o surgimento na ilha de Creta: da Civilização Minoica (2700-1450 a.C.), com a cidade de Cnossos, que detinha a agricultura baseada no cultivo de trigo e lentilha, favorecida pela topografia e solo. Graças aos excedentes da produção e sua privilegiada posição geográfica, os minoicos desenvolveram um intenso comércio com as civilizações do Mediterrâneo Oriental e da Europa Ocidental (GRAY, 1940).

Junto às ruínas do Palácio de Cnossos, foi revelado um sistema construído em pedra, formado por cidades bem planejadas, ruas calçadas, sarjetas, lojas de comércio e bairros residenciais. Além disso, o palácio-cidade possuía três sistemas independentes de gestão das águas, sendo cada um para: abastecimento, escoamento e esgoto. Este sistema, atualmente conhecido como separador absoluto, serviu de inspiração para os romanos no futuro (GRAY, 1940).

Na história das civilizações antigas, pode-se encontrar inúmeras citações relacionadas à água em todo tipo de representação histórica, como: pinturas rupestres, registros de sinais, tradições culturais ou religiosas, etc. Para a civilização Persa, as águas pluviais eram consideradas sagradas e torná-las poluídas era um pecado. A água da chuva era armazenada em cisternas e utilizada para abastecimento.

Apesar de inúmeros registros, pode-se considerar que o “berço da civilização” está localizado na região da Mesopotâmia, onde na origem etimológica entende-se “terra entre rios”, a saber: entre os rios Tigre e Eufrates; e que pelos gregos na antiguidade, essa região pertencia ao chamado Crescente Fértil (ISSAWI, 1988).

Entre os grandes avanços da humanidade, pode-se atribuir à ascensão do Império Romano, a responsabilidade da construção da maior civilização da história. Naquela época, o território era o mais vasto em extensão do mundo antigo, com dimensões jamais observadas na história. O domínio de Roma (Figura 1), que chegou a ter um milhão de habitantes, durou cerca de cinco séculos (753 a.C. – 476 d.C.) e estendeu-se do rio Reno ao Egito, até à Grã-Bretanha e à Ásia Menor, estabelecendo conexão com a Europa, a Ásia e a África (GIBBON, 1996).

Figura 1 – O Império Romano Ocidental e Oriental.



Fonte: Adaptado de *The history of the decline and the fall of the Roman Empire* (GIBBON, 1996).

No sistema político do Império Romano, o poder político estava concentrado na figura do imperador – de Augusto a Constantino XI – com o apoio político do Senado, herdado da antiga República Romana. Com o novo sistema, Roma, que era uma cidade-estado, passou a ser governada pelo imperador e começou a ser beneficiada pelos maiores avanços tecnológicos da época, desde questões ligadas à filosofia e à medicina, bem como na arquitetura e na engenharia.

Os romanos construíram sistemas de estradas cuidadosamente planejados, contendo condutos para efetuar o escoamento superficial das águas pluviais e, dessa forma, drenar suas estradas. Além disso, foram construídas cisternas com quartos comunicantes e aberturas no teto, projetadas para coletar e distribuir água para as cidades e portos. Na atualidade, os tanques da época são considerados um exemplo de preservação de conceitos de engenharia hidráulica (HILL, 1984).

Os romanos também construíram um complexo sistema de coleta de esgotos composto por canais abertos e dutos subterrâneos para o transporte de efluentes conhecido como cloacas, sendo a maior a Cloaca Máxima, que foi uma obra pública projetada por engenheiros etruscos e construída por mão-de-obra das classes pobres de Roma. Este sistema de coleta do esgotamento sanitário era responsável pela drenagem da região do entorno do Fórum para o rio Tibre (GIBBON, 1996).

Figura 2 – Hispânia (Península Ibérica) durante o Império Romano.



Fonte: Adaptado de Leão (2015).

Augusta Emerita – A capital da Lusitânia

O Império Romano Ocidental, sob o comando do Imperador Augusto, deu sequência ao processo de conquista pelo continente europeu, atingindo as terras da Hispânia, nome dado pelos romanos à Península Ibérica (atuais Portugal, Espanha, Andorra, Gibraltar e pequena parte no sul da França). A Hispânia foi dividida em três províncias (Figura 2): Bética, Tarraconense ou Hispânia Citerior e Lusitânia (LEÃO, 2015).

O Imperador Augusto deu continuidade à política de ampliação do domínio romano e fundou as colônias: Augusta Emerita (atual Mérida) em 27 a.C.; Bracara Augusta (atual Braga) em 16 a.C.; Asturica Augusta (atual Astorga) em 14 a.C., que adquiriu grande importância administrativa como um centro de controle da produção aurífera; Hispalis (atual Sevilha) e Gades (atual Cádiz), por onde a produção embarcava para Roma pelo mar (LEÃO, 2015).

A colônia de Augusta Emerita foi fundada com o objetivo de assentar os veteranos de guerra, oriundos de diferentes regiões do Império Romano. Tornou-se a capital da Lusitânia por ser um enclave estratégico às margens do rio Guadiana, permitindo a comunicação com outras colônias através de estradas, que ligavam a província Bética com as províncias do noroeste peninsular, bem como com as terras da franja mais meridional da Hispânia com a cidade de Felicitas Julia Olissipo (atual Lisboa) (MANTAS, 2004).

Augusta Emerita passou a conter toda a estrutura essencial e indispensável para o aparelhamento institucional da recém-criada província da Lusitânia: a residência dos magistrados, os arquivos públicos, os serviços financeiros, etc. Sendo assim, a nova colônia concentrava as decisões políticas regionais do Império Romano, confirmando sua vocação para capital provincial, seguindo os parâmetros romanos de planificação urbana, organização territorial e administrativa, e conseqüentemente, a romanização daquele extenso território do ocidente peninsular, pela reprodução dos marcos arquitetônicos e urbanísticos de Roma (BORGES, 2009).

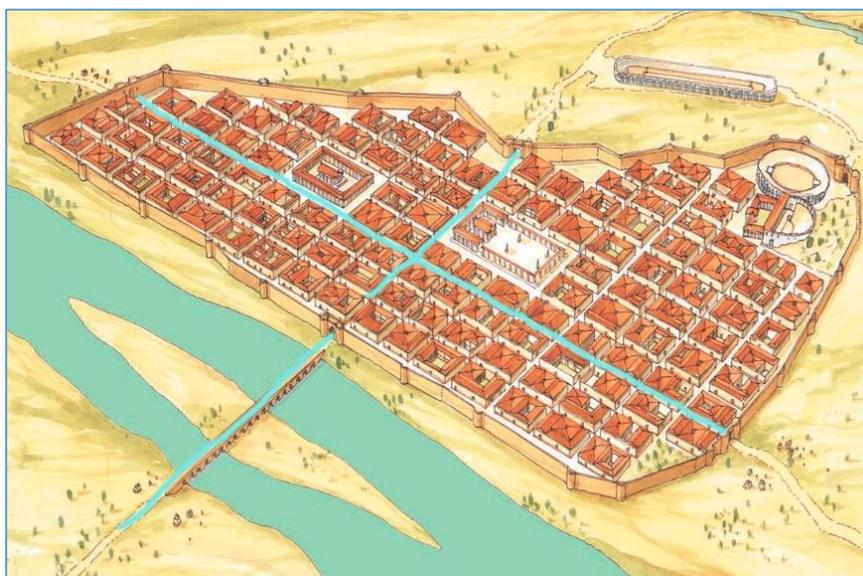
Apesar de Augusta Emerita estar longe do esplendor das cidades italianas ou orientais do Império Romano, e de Lusitânia ser considerada uma província distante; ela não era um território isolado, sem contatos com o mundo mediterrânico. A importância econômica e

estratégica das produções provinciais atribuiu à Lusitânia uma situação menos medíocre no conjunto dos territórios romanos (MANTAS, 2004).

Observou-se o crescimento das cidades da Lusitânia, e com isso, se fez necessária a aplicação do conhecimento das técnicas de irrigação, da engenharia hidráulica e da arquitetura romanas, fazendo de Augusta Emerita uma propaganda do Império Romano, visto que o urbanismo implementado naquela colônia, como estratégia de domínio, possibilitou a difusão dos processos de romanização, conectando poder e cultura imperiais na região da Hispânia (BORGES, 2009).

Augusta Emerita logo se tornou uma das maiores cidades da Hispânia Romana, com um território de cerca de 20.000km², e cujo sistema de distribuição de água seguiu os modelos implantados em Roma, através da construção de barragens (Barragem de Proserpina e de Cornalvo) e de aquedutos (*Acueducto de Los Milagros*, *Acqua Augusta* e *de Rabo de Buey-San Lazaro*), além de pontes e arcos (Figura 3), que permitiram a distribuição de água pelas termas e fontes da cidade (LEÃO, 2015).

Figura 3 – Representação artística de Augusta Emerita.



Fonte: Adaptado de *Rome on Rome* (ROME, 2015).

Neste contexto, ressalta-se a importância de Felicitas Julia Olissipo (atual Lisboa), que se transformou, ao longo do domínio romano, em um centro do sistema marítimo atlântico, pois o estuário do rio Tejo fornecia segurança aos navios, propiciava o acesso de embarcações de

amplo calado e permitia a comunicação com o interior peninsular. Além disso, a conexão da rota marítima Cádiz–Lisboa possibilitou o transporte da produção agrícola do vale do rio Guadalquivir para as regiões do norte e do interior da Hispânia, reforçando os contatos entre o mundo mediterrâneo e o Atlântico (MENDES, 2014).

O fim da Hispânia Romana estava marcado pelo enfraquecimento do Império Romano, por volta de 255 d.C., quando começam as invasões dos Vândalos ao sul, dos Suevos ao norte da Lusitânia e dos Alanos ao centro da península. A maioria das cidades da Europa iniciou uma redução considerável de seus tamanhos, quando os seus residentes fugiam dos centros urbanos, onde havia insegurança e anarquia, sucedido de roubos e saques, ocupando as periferias e áreas rurais, resultando em emigrações em massa (BISHOP, 1968).

Roma tenta restabelecer a ordem na Hispânia por meio de um pacto firmado com os Visigodos, mas que logo se desfaz por conta dos excessos tributários cobrados pelo império decadente. Com o desaparecimento das instituições romanas, os Suevos, seguidos pelos Visigodos, adotam a organização eclesiástica como modelo administrativo, que foi um importante instrumento de estabilidade, tornando-se o primeiro reino cristão da Europa (BARBERO e LORING, 2005).

Os Suevos e Visigodos assumiram o vácuo de poder deixado pelos administradores romanos e, assim, mantiveram a nobreza, com algum grau de centralização de poder em suas capitais, Braga e Toledo, respectivamente. Apesar da queda, o direito romano permaneceu no Código Visigótico e a Hispânia manteve a infraestrutura das cidades, como estradas, pontes, aquedutos e sistemas de irrigação e drenagem (BARBERO e LORING, 2005).

O domínio Visigótico terminou com a invasão islâmica da Península Ibérica – a chamada Conquista Árabe – quando as tropas militares provenientes do norte da África atravessam o estreito de Gibraltar entre os anos de 711 e 726, permitindo grandes deslocamentos populacionais e a conquista da península (AFONSO, 1972).

Durante oitocentos anos, os mouros governaram a península, apoderando-se do território que chamaram de “*al-Andalus*”, em consequência do domínio territorial e militar, e promovendo uma mistura de povos e culturas, dando origem a uma sociedade muito heterogênea. Eles mantiveram a maior parte do legado romano, reparando e alargando de infraestrutura romana, utilizando-a para a irrigação, enquanto introduziam novas práticas

agrícolas e de novas culturas, como arroz, cana de açúcar, frutas cítricas, damasco e algodão (CHACON, 2005).

A “Reconquista” – como alguns historiadores batizaram a ofensiva contra os mouros – se deu no início da Idade Moderna, quando os reis católicos, Fernando de Aragão e Isabel de Castela, promoveram a expulsão definitiva dos mulçumanos em 1492. Os mouros deixaram na Península Ibérica uma forte herança cultural e uma vanguarda científica, marcada pela arquitetura e pela engenharia naval, que contribuiriam para a formação dos futuros impérios mundiais estabelecidos pelos navegadores espanhóis e portugueses (LOMAX, 1978).

O Reino de Portugal e as Grandes Navegações

Com a crise da sociedade romana, Felicitas Julia Olissipo foi se transformando e a fisionomia dos povos teve grandes alterações, principalmente devido à sua conquista por parte dos visigodos, que lhe conferiram o nome de “*Ulishbon*”, e posteriormente dos árabes, que lhe rebatizaram de “*Lušbūna*” ou “*al-Ushbuna*”, atualmente Lisboa (SILVA, 2008).

Após a reconquista da Península Ibérica e a formação do Reino de Portugal no século XII, D. Afonso Henriques – o primeiro rei de Portugal – passou a administrar as novas organizações socioeconômicas sob o sistema feudal e Lisboa sucede a Coimbra como capital do reino e a cidade mais importante da região.

Naquele período, a água é entendida como um elemento vital para o desenvolvimento econômico e, assim, foram projetados moinhos e rodas d’água, que forneciam força motriz na moagem, tecelagem, tinturaria e curtimento, atividades de transformação de propriedades dos senhores feudais.

A região de Lisboa foi povoada e a escassez de água potável passou a ser uma constante, mesmo com a existência do rio Tejo, que detinha água imprópria para consumo, devido aos níveis de salinidade inadequados. A única área de Lisboa com nascentes de água disponíveis estava no bairro de Alfama, sendo necessária a captação em local mais distante, como o vale da Ribeira de Carenque, na região de Belas, cujas águas já haviam sido utilizadas pelos romanos, que ali haviam construído uma barragem e um aqueduto (CASEIRO, 1999).

O Aqueduto das Águas Livres, como foi chamada esta obra emblemática, é um complexo sistema de captação, adução e distribuição de água, feita em cantaria, que atendeu à

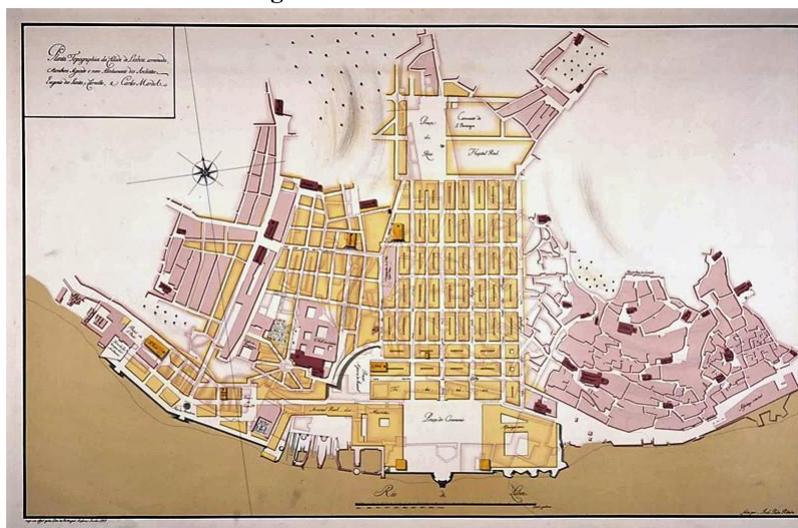
cidade de Lisboa através de uma rede de chafarizes e fontes, alimentados por gravidade, totalizando aproximadamente 58km de galerias subterrâneas e elevadas (CASEIRO, 1999).

Durante este período, Portugal se transformou na maior potência mundial em navegação, estando na vanguarda ao ser o primeiro país a transformar a pesquisa tecnológica e científica em política de Estado, e ao abrir as portas a especialistas aragoneses, catalães, italianos e alemães, com o objetivo de aumentar e enriquecer os conhecimentos náuticos de oficiais e simples marinheiros; culminando na descoberta dos arquipélagos dos Açores, Madeira e Canárias; do Brasil na América do Sul; e um vasto território no prolongamento da Ásia (CHACON, 2005).

A história de Lisboa foi marcada pelo terremoto, seguido de tsunami e incêndios, que ocorreu em 1 de novembro de 1755, e que destruiu grande parte da cidade. Curiosamente, o Aqueduto das Águas Livres não foi abalado pelo evento sísmico. D. José I concede poderes absolutos ao Secretário de Estado Sebastião José de Carvalho e Melo, futuro Marquês de Pombal, para recuperar a cidade, em conjunto com engenheiros e arquitetos, que empreenderam uma obra de requalificação urbanística (TAVARES, 2005).

A reconstrução de Lisboa foi financiada pelas riquezas das colônias, em especial do Brasil, que teve excessiva cobrança de impostos em troca de privilégios, como a concessão de contratos de arrendamento e mercês régias, e favorecimento aos nobres da Capitania das Minas Gérias, que ganhavam títulos e poderes, que puseram nas mãos dessa elite os negócios mais lucrativos da Coroa (ROMEIRO e BOTELHO, 2003).

Figura 4 – Lisboa Pombalina.



Fonte: Adaptado de “O Plano de Lisboa de 1758” (ROSSA, 2010).

O projeto de reconstrução de Lisboa contava com um traçado quadriculado (Figura 4) que se prolongava da Praça do Rossio ao Terreiro do Paço, incluindo ruas marginais ao rio Tejo, e arquitetura se baseada nos conceitos do racionalismo e das ideias iluministas difundidas na época (FONSECA, 2005).

O sistema de esgotamento sanitário e de distribuição de água foi reformulado, a fim de atender à moderna cidade que ressurgia, sob os novos conceitos de medição da velocidade das águas de escoamentos e das vazões, que surgiram na Idade Moderna e se estenderam até o século XIX, estabelecendo-se que os rios, as fontes e as águas subterrâneas eram formados pelas águas da chuva (FONSECA, 2005).

Rio de Janeiro – Capital de Portugal

Grande parte da Europa, no início do século XIX, estava sob o domínio da França e governada por Napoleão Bonaparte desde 1804. A estratégia principal dos governantes foi a criação do Decreto do Bloqueio Continental em 1806, determinando o fechamento dos portos ao comércio realizado com a Inglaterra.

Porém, o governo de Portugal relutava em aderir ao Bloqueio em virtude da antiga e tradicional aliança com a Inglaterra, de quem era extremamente dependente economicamente. O Príncipe Regente Dom João vivia momentos tensos e “estava indeciso quanto à alternativa menos danosa para a monarquia portuguesa” (MATTOS, 2017).

O cotidiano de Lisboa encontrava-se fortemente alterado por boatos sobre a invasão francesa e a insegurança aumentava a cada instante. Por este motivo, uma iniciativa ganhou força e significado: transferir a sede da monarquia portuguesa para o Brasil. Diante dos fatos, o projeto estratégico de evasão se deu na manhã do dia 29 de novembro de 1807, quando o Príncipe Regente, a bordo da Nau Capitânia, acompanhada por embarcações inglesas, finalmente partiu de Lisboa rumo ao Rio de Janeiro (MATTOS, 1995).

A chegada da Família Real Portuguesa ao Rio de Janeiro, no início do século XIX, foi um marco para a sociedade, e promoveu grandes transformações, que buscavam tornar a colônia uma metrópole. O Príncipe promulgou a “Carta Régia de Abertura dos Portos às Nações Amigas” quatro dias após a sua chegada e, com esse ato, as cidades brasileiras passaram a ter

grande importância social e econômica, significando o fim do Pacto Colonial e a liberdade de comércio com outros países (MATTOS, 1995).

A escolha do Rio de Janeiro seguiu critérios importantes, já que era a cidade brasileira mais populosa e mais importante economicamente, e que possuía uma rica elite de comerciantes e uma potente indústria naval. Além disso, o Rio de Janeiro estava dotado de razoável sistema de defesa, que abrigava o maior contingente militar das capitânicas e era uma das sedes da esquadra da Marinha de Guerra portuguesa no Brasil (CAVALCANTI, 2004).

No ano de 1808, o porto do Rio de Janeiro recebera aproximadamente 865 embarcações, repletas de mercadorias e de novidades oriundas das mais diversas nacionalidades, representando um número bastante expressivo para a época. Se por um lado, a natureza deslumbrava os europeus por seu exotismo, por outro a aglomeração urbana os assustava (SILVA, 2009).

A transformação promovida por D. João VI incluiu, além das mudanças pela arquitetura e pela engenharia, a fundação da Escola Imperial de Artes e Ofícios, inspirada na Missão Artística Francesa, a Imprensa Régia, a Biblioteca Nacional, o Jardim Botânico, o Arquivo Militar, a Academia de Marinha, o Banco do Brasil, a Fábrica de Pólvora, além de jornais, escolas, museus, teatros, etc. (HEYNEMANN e VALE, 2010).

Em 10 de maio de 1808, foi promulgado o decreto de criação da Intendência de Polícia da Corte, que era um órgão público com funções semelhantes às de uma prefeitura dos dias atuais. Semelhantemente às atribuições da Intendência de Lisboa, o órgão passou a cuidar da: segurança, investigação dos crimes e captura dos criminosos, realização de obras públicas e de abastecimento, e a solução de questões ligadas à ordem pública (HEYNEMANN e VALE, 2010).

O espaço urbano do Rio de Janeiro foi modificado em um tempo bastante curto, sob o comando do Conde dos Arcos, que seria o último vice-rei do Brasil. As antigas ruas de terra, antes esburacadas e malcuidadas, ganhavam nova pavimentação para facilitar a circulação das carruagens, que começavam a trafegar em várias direções. As ruas e estradas eram abertas para dar escoamento aos produtos cultivados em áreas próximas à cidade a fim de atender as necessidades da Corte. A iluminação pública foi expandida pela cidade, passando a ser utilizado o óleo de baleia nos postes das vias, das praças e dos jardins, promovendo uma alteração no cotidiano da população (SILVA, 2009).

A gestão das águas da cidade passa a ser comandada pela Câmara, que aplicou o conceito herdado pelos engenheiros e arquitetos na reconstrução de Lisboa, promovendo o aterro e drenagem de inúmeros charcos, como o do Campo de Santana, que funcionava como vazadouro de detritos, contendo grandes valas e fossas. O sistema de distribuição de água da cidade, que consistia no aqueduto e chafariz da Carioca, foi ampliado através da construção de novas pontes, fontes e chafarizes, bem como da ampliação da capacidade do existente Chafariz do Carmo. (HEYNEMANN e VALE, 2010).

O Rio de Janeiro foi a capital do Reino de Portugal, Brasil e Algarves entre os anos de 1815 e 1821, quando D. João retorna a Portugal, em 21 de abril de 1821, deixando uma outra cidade, mais moderna e transformada, para ser governada pelo seu filho D. Pedro de Alcântara – D. Pedro I (SILVA, 2009).

Sustentabilidade – um processo histórico

A influência das sociedades antigas ultrapassa os limites da cultura, do idioma, da religião e da arte, e atinge o pensamento dos gestores públicos que formalizam políticas voltadas para o domínio do território e o desenvolvimento econômico (POMIAN, 1993).

A ação do homem sobre a natureza, desde a mais primitiva sociedade, vem resultando a degradação ambiental, sob a justificativa da necessidade de produzir alimentos, bens de consumo, energia, construir cidades, etc. Neste processo, a água sempre foi o recurso natural mais importante, gerando conflitos de interesse até então inexistentes.

Há registros de documentos da antiguidade, que relatam a preocupação de alguns gestores na preservação de florestas, como reguladores do ciclo da água e na proteção dos solos contra a erosão, conforme escritos de Platão do séc. IV AC, na Grécia (BORGES e MARCÍLIO, 2021).

Apesar disso, durante o período de desenvolvimento dos territórios e das cidades, a sustentabilidade ambiental nunca teve a sua importância considerada nos modelos de gestão e de urbanização implantados. Esta importância se deu através de um processo histórico longo, passando do “conquistador” para o “conquistado”, por meio de pequenas práticas e de experiências sustentáveis replicadas em cada região, conforme suas características próprias.

Conclusões

Este estudo permite concluir que:

- (1) a influência dos pensamentos das sociedades, referentes à política, cultura, arte, arquitetura e engenharia, atravessam o tempo e o espaço, e permitem, assim, o avanço de ideias e técnicas de engenharia fortalecidas pelo conhecimento histórico, capazes de modificar os cenários ambientais por onde circulam;
- (2) a relação entre a prática e os modelos de gestão das águas, adotados pelo Reino de Portugal, com técnicas de captação, reservação e abastecimento de água e de esgotamento sanitário, foram herdadas do Império Romano, que cruzaram o Oceano Atlântico com a Família Real e modificaram a forma e a qualidade de vida dos habitantes do Rio de Janeiro; e
- (3) o processo de sensibilização e de alteração das características de cenário das águas deve ser contínuo, e a inclusão do contexto histórico e da participação social podem ser considerados positivos no aprimoramento e sucesso dos modelos de gestão das águas em qualquer região.

APÊNDICE E – O controle social e a gestão das águas pluviais no Brasil⁸²

Introduction

Conflicts of jurisdiction about water management in Brazil have always seriously hampered policymaking at a local level. This is because the exact operational areas of each federal entity have never been laid down in a clear and well-defined manner and this has allowed their regulation to be confined to certain economic spheres, in particular the electric power sector.

Despite the changes introduced by the issuing of the Water Code⁸³, the importance of local questions only became apparent in Brazil after the promulgation of the Federal Constitution of 1988, when the municipalities began to be regarded as federal entities and the notions of decentralization and community involvement made formal inroads into all levels of government (BRASIL, 1988).

The enactment of the Water Resources Law⁸⁴ also led to changes by establishing a new legal framework of governance, based on the Integrated Water Resources Management⁸⁵, since the States of the Federation and the Federal Government itself, had begun to define the operational areas of rainwater management in the country (BRASIL, 1997).

The National Guidelines for Basic Sanitation⁸⁶ in Brazil allowed the concept of basic sanitation to be more broadly defined. It now included drainage, and rainwater management in the area of basic sewerage services, as well as the cleaning and preventive surveillance of the drainage system. In addition, the Law made it mandatory for the towns and cities to include urban rainwater management within their local jurisdiction, when carrying out municipal planning (BRASIL, 2007).

At the same time, it was noted that when undertaking water management, the Brazilian municipalities have largely based their policies on the control of urban flooding and thus given priority to carrying out infrastructural engineering projects for the

⁸² Artigo publicado na revista *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 11, nov. 2021.

⁸³ Federal Decree n. 24.643 of July 10, 1934.

⁸⁴ Federal Law n. 9.433 of January 8, 1997.

⁸⁵ Translated from Portuguese: “*Gestão Integrada de Recursos Hídricos*”.

⁸⁶ Federal Law n. 11.445 of January 5, 2007. Updated by Federal Law n. 14.026 of July 15, 2020.

extension and maintenance of the drainage system and responding to emergencies. This has been to the detriment of the pressing need to find new models for the non-conventional management of urban water resources as an alternative.

Rainwater management in urban areas began to be a challenge for any town or city because the effects of water drainage on the human and aquatic ecosystems leads to clear signs of environmental imbalance such as: inundations, flooding and landslides in urban areas, the collapse of hillsides, and the pollution of the water supply, as well as the soil sealing of the recipient water resources, among other factors.

The developed countries are currently exploring new models for water management, while at the same time reviewing the already existing administrative structures and adding an international design and carrying out urban development with a low environmental impact. This international trend is beginning to assign an environmental value to rainwater by reducing the problems of flooding in urban areas and making rainwater available as a water resource with multiple uses.

According to Fletcher *et al.* (2014), the use of sustainable technology for urban drainage is comparatively recent and it is based on the following: the American concept of Low Impact Development (LID), the Australian strategy of Water Sensitive Urban Design (WSUD), the Low Impact Urban Design and Development (LIUDD) of New Zealand, and even the British concept of Sustainable Drainage Systems (SuDS).

It has been noted that countries that choose non-conventional sustainable methods for rainwater systems are able to achieve a very satisfactory environmental performance, which involves: a reduction in the number of pollutants and amount of sediment, the maintenance of vegetation (green areas) and a reduction of soil sealing. In light of this, new opportunities can be found for controlling the outflows as well as to ensure an improvement of the habitat in the estuaries, the biodiversity and the local climate, as well as providing economic and social benefits.

The decision to install a sustainable model must be the outcome of a democratic decision where the stakeholders involved can have the right to take measures and play both a direct and indirect role in water management and be responsible for results, similar to the action taken by the municipalities for the management of rainwater.

The municipalities must carry out their responsibilities as local political agents by seeking existing pieces of legislation (and enacting others) that can underpin their urban and environmental programs by allowing them to give priority to a sustainable form of rainwater management and seek to incorporate social inclusion as a management tool – social control.

Material and methods

This paper is a result of a doctorate research, which presents a rainwater management model for the city of Rio de Janeiro, under the concept of Low Impact Urban Design and Development (LIUDD). The research is conceptualized under a qualitative, descriptive, and interpretive approach to the theme “sustainable rainwater management”.

As states Bardin (2011), qualitative content analysis is structured in three stages: organization, coding, and categorization of information, that results in an analytical generalization, capable of allowing the replication of the method, without necessarily requiring a quantitative complementation of the theme.

Descriptive research deals with the in-depth analysis of the researched reality, aiming to identify a correlation between the various sources, with a focus on the description, classification, and interpretation of the facts. Assuming that, models or frameworks are proposed from the observation and comprehension of a given phenomenon, which make them capable of supporting and validating the proposed hypotheses (RUDIO, 1985).

According to Schwandt (1994), an interpretive approach seeks to understand the world from the point of view of those who experience it, allowing to understand the research object as a result of social interaction shaped by the actors involved, through a rereading of the meanings of the phenomena and the observed historical events.

In view of the credibility criterion described by Blattmann and Tristão (1999), data were obtained in the pre-analysis phase through electronic consultation of open access journals available on academic research portals such as: Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD), Education Resources Information Center (ERIC), Google Books, Google Scholar, Jurn, Portal Periodicals CAPES, Scientific Electronic Library Online

(SciELO), Scirus, Scientific Periodicals Electronic Library (SPELL) and The British Library.

Taking advantage of the option of advanced criteria in the research portals, the authors performed a second search guided by Boolean logic, which deals with a type of information retrieval system, in which two or more terms are combined, relating them by logical operators, and that make the search more restricted or detailed (FERNEDA, 2003).

Brazilian researchers have incorporated network technologies in the development of their scientific routine. In addition, the use of electronic networks has generated a positive impact, favoring the expansion of scientific communities, facilitating and intensifying communication, and expanding access to the various information resources created on the network (PINHEIRO, 2003).

As proposed by Alves da Silva et al. (2015), data were compiled using electronic spreadsheets and cross-reference tables, which served as input to the NVivo[®] software (version 11), which was chosen to support the research, performing the tasks of finding, analyzing, and organizing the information in the documents such as: scientific papers and articles, magazines, newspapers, and web content, according to the relevance and adherence to the theme, whose results can be seen in Table 1.

Table 1. Result of the content analysis of the theme “sustainable rainwater management”, according to the relevance and adherence to the links obtained from the advanced search criteria (2010-2020).

Links	Number of documents	Relevance and adherence to the theme (%) ¹
“Rainwater” and “urban rainwater”	12.210	25,78
“Urban planning” and “urban drainage”	17.488	36,93
“Social control” and “rainwater social control”	9.400	19,85
“Water governance” and “rainwater governance”	4.783	10,10
“Local governance” and “rainwater governance”	3.448	7,28
“Urban water social control” and “rainwater social control”	24	0,05
Total of documentary sources	47.353	–

Note:

¹Percentage determined by the ratio between the total of documents analyzed in a link and the total of documents sources analyzed.

Source: Prepared by the authors (2020).

Using the advanced criteria of searching, the content analysis created links between the theme of “sustainable rainwater management” with the ideas of: “rainwater” and “urban rainwater”, “urban planning” and “urban drainage”, “social control” and

“rainwater social control”, “water governance” and “rainwater governance”, “local governance” and “rainwater governance”, and “urban water social control” and “rainwater social control”; using the operators “and”, “or”, “and/or” and “not”.

Finally, the content analysis of these documents allowed us to include a historical exploration in the literature review of the thesis, to narrow the role of the communities and the sustainable methodologies for rainwater management which can be effectively strengthened by social control and democratic participation.

Water resources management in Brazil

Water resources management in Brazil has begun to be regarded in terms of the first ideas described in the Water Code (1934), which was also interpreted as a shift in water governance strategies at that time. Before 1934, water was believed to be an unlimited natural resource which could serve all private activities. On the basis of this understanding, the “coffee” and “cattle” barons in power during the First Republic (1889-1930), basically administered the water resources for the purposes of meeting the needs of agricultural production and subsistence farming (DRUMMOND and BARROS-PLATIAU, 2006).

The domination of the water resources by the oligarchs came to an end at the beginning of the Vargas Era (1930-1945), when during the Interim Government (1930-1934), and with the support of the Armed Forces, control of natural resources passed to the hands of the State, with the aim of ensuring the necessary resources were supplied to the industrial as well as the agricultural sector. In this way, water ceased to be treated as an unlimited natural resource and became a public asset where the responsibility for its regulation competed with the other responsibilities of the central government.

The main purpose of water management during the different political regimes that followed the Vargas Era, was to generate electricity and serve the needs of agriculture: these were the years of populist governments (1946-1964) and military dictatorship (1964-1985). There were few changes to the Code of 1934 throughout this period, and environmental concerns were regarded as of practically secondary importance.

The Federal Constitution of 1988, which symbolizes the transition from a military system of government to contemporary representative democracy, led to a new judicial

order in Brazil that was grounded on the recognition of the importance of protecting natural resources and restoring parts of the environment that had been damaged by human activities (Art. 20 to 24, Art. 170 and Art. 225). It also laid down the responsibilities for water management – by defining the different spheres of action of the States and the Central Government (BRASIL, 1988).

As Conca (2006) pointed out, the Water Resources Law of 1997 resulted from the political and economic reforms that were set in motion after the military dictatorship. However, the process of democratic transition was interpreted in different ways with regard to the National Water Resources Policy and the National System of Water Resources Management, namely:

- (i) the delegitimizing of the model for water management which gave priority to energy, agriculture, transport and other requirements for “development”, while disregarding their socio-environmental impacts;
- (ii) the constitutional post-authoritarian order which sought to extend the rights of citizens by creating “opportunities for new actors to take part in national political debates”; and
- (iii) The economic decentralization brought about by the Real Plan [a set of measures taken to stabilize the economy in 1994 after a period of hyperinflation], which introduced a new currency and a new monetary system characterized by “neo-liberal” principles that allowed a greater degree of intervention by the private sector.

The updated Law of Basic Sanitation (2020) maintains concepts that broaden the scope of water resources by including sewerage and the management of urban rainwater with a view to ensuring public health and protecting the environment within the sphere of municipal management. It began to be a mandatory policy for the towns and cities to draw up a Municipal Plan for Basic Sanitation, conduct analyses, define strategies that could be applied universally and set out goals and objectives through a participatory and transparent process (of social control) (BRASIL, 2020).

Social control in Rainwater management

The new understanding of urban ecology entails the study of forms of social planning and socio-economic activities with regard to the space and surroundings of towns and cities and involving the features of the urban organism in every sense. In light of these factors, specialists and policymakers must seek to improve their integrated knowledge of the urban eco-system (AB'SABER, 1995).

However, although significant progress has been made by democratically involving civil society in the decision-making carried out by public authorities, there are still serious gaps in urban rainwater management, notably with regard to social inclusion and transparency.

The lack of democratic practices in public management becomes more apparent when urban and rural settings are compared with regard to the current distribution framework that provides access to the supply and sanitation of water. This is because the interests of civil society in the interior of the country or less "developed" areas remain suppressed by the interests of the government which seeks to cater for the needs of the urban areas (CLEAVER, 1999).

This lack of transparency is repeated in the domains of the municipalities where urban and peripheral areas have different social traits, since this allows particular groups to dominate the decision-making process on the basis of a demonstration of techno-scientific knowledge or local political power.

Some people adopt participatory strategies in so-called "developing" countries to support the idea that the simple "inclusion" of those sitting round the decision-making table, would automatically result in their empowerment and the creation of a democratic form of management. However, these social actors are unable to resort to the skills required to influence the decisions; as well as this, they lack a sufficient degree of techno-scientific knowledge to understand what is being discussed and do not share the same interests (CLEAVER, 1999).

The processes of local governance must be concerned with the capacity of the State to govern without ignoring the need to democratize public mechanisms. They must decide in favor of social control and decentralization, as well as providing incentives for public/private partnerships together with the creation of sector-based advisory boards and a participatory budget (DINIZ, 2001).

However, with regard to the participation of citizens, democratic governance in Brazil still relies on its vestiges of the State dominance, as a traditional inheritance.

In effect, a crisis of governance can result not only in the State being incapable of managing or implementing public policies but also in an inability to be responsive to the wishes of the people and the collective goals that are formulated in the game of politics (TORRES, 2016).

When addressing the question of the urban governance of rainwater, one should mention the obligations imposed on the municipalities by the Basic Sanitation Law. These stipulate that they must comply with the terms of the legislation in the following ways by: i) formulating Municipal Policies for Basic Sanitation; ii) drawing up plans either at a local level or together with other municipalities (through joint ventures); iii) setting up regulatory bodies that are independent with regard to their financial, budgetary, administrative and decision-making activities; iv) forming Municipal Advisory Boards of Basic Sanitation within the City or Town Councils; v) having due regard for the provisions of the Law in matters concerning planning, regulation, social control and the direct rights of consumers to services; vi) establishing contractual relations and making an economic feasibility analysis of the services in an indirect way (e.g. awarding grants); vii) undertaking activities through a democratic governance and in a transparent way (BRASIL, 2020).

Tucci (2004) argues that the main factor that makes it difficult to undertake an integrated form of planning is the limited technical and institutional capacity of the municipalities to confront interdisciplinary and complex problems and the way the municipal management is divided into different sectors.

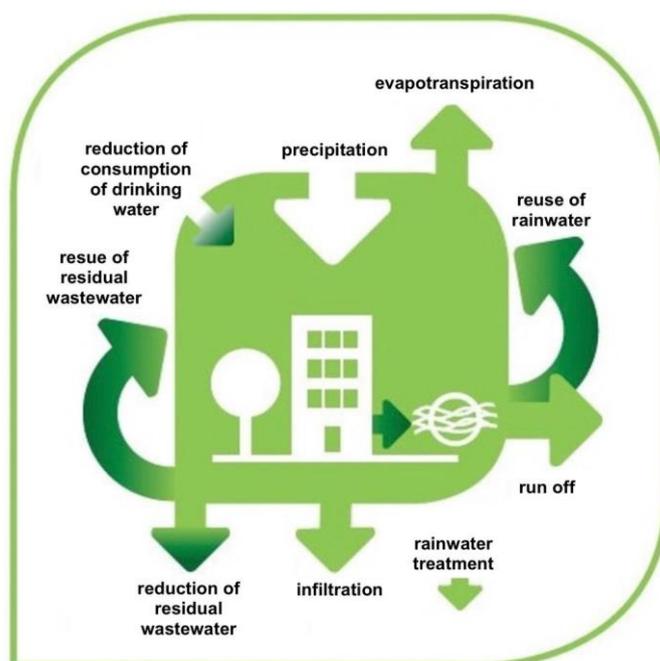
Although advances have been made in assisting society to find solutions to the conflicts in the river basins (such as setting up river basin committees for example), there has still been a failure to determine what role the municipalities should play in taking effective measures to manage the waters within their domain. The legislative autonomy of the towns and cities should be encouraged to include basic criteria for the conservation of available water resources within their programs of urban expansion. This could assist them to operate in a sustainable way, either by the inclusion of a Master Plan or adopting some other effective legislative means.

Sustainable sewage systems – a shift in focus

The United States, Australia, New Zealand and the United Kingdom are countries that have been shifting their focus with regard to sewage systems and instead of regarding this question as a “problem” now see it as an “opportunity”. There are models for the management of rainwater that are being employed with the aim of reducing its impact on urban areas by finding alternative ways of carrying out rainwater harvesting. These include the following: additional supplies of water, an increase of biodiversity, and an improvement of the local microclimate, among other factors (ASHLEY et al., 2015).

This new focal point allows towns and cities seriously affected by rainwater to achieve a hydric balance and satisfactory environmental performance (Figure 1) and enable them to: a) reduce the number of pollutants and amount of sediment; b) encourage the maintenance of areas of vegetation (green zones and wetlands), seepage beds and trenches; c) reduce the degree of soil sealing by using permeable surfacing; d) encourage the installation of green roofs, raingardens and wall treatment, e) improve the habitat in the estuaries as well as the local biodiversity; f) provide social and economic benefits (EASON et al., 2003).

Figure 1. Hydric balance for a town or a city seriously affected by rainwater.



Source: Prepared by the authors, adapted from the National League of Cities (2020).

Installing these new models for the management of water successfully, necessarily involve the commitment of the public authorities and the participation of the community. The results of this crossover can be seen in studies on how to implement eco-friendly techniques which have models that are employed in desirable initiatives that must be included in any political planning at a pedagogical level (PIMENTEL DA SILVA and NEFFA, 2015).

Thus, it was noted that the investment and maintenance costs of conventional sewage systems are very high and have a continuous environmental impact on coastal areas and the urban hydrographic basins. These include the following: soil sealing, carriage of contaminants, silting, contamination of the soil, instability of embankments, and degradation of the quality of the water from hydric bodies etc. (EASON *et al.*, 2003).

Generally speaking, the low-impact urban sewage systems have become increasingly popular methods, in view of the need to reduce adverse hydrological factors and mitigate their negative effects on the quality of water. The LIUDD and WSUD concepts have been designed with the aim of stemming, holding back, infiltrating or treating the urban surface run-off and thus reduce the impact of urban development (urbanization) on the hydrographic basin (WONG *et al.*, 2002).

Conclusion

The process of “redemocratization” in Brazil has allowed the management of Brazilian towns and cities to undergo a significant alteration in the domain of social participation. This has opened up new horizons for the public and shifted the position of the community from that of being bystanders subservient to the rules and regulations of the State, to actors consciously participating in an organized society.

The inclusion of the community in decision-making has reached various areas of regional management, particularly the management of water resources under the auspices of the Water Resources Law (1997). However, it has been found that the question of urban waters is a local issue and should be included in the same model of participatory inclusion, as for example in the case of the consequences of heavy rainfall that directly affects the towns and cities.

In light of these circumstances, the municipal public authorities are responsible for the decisions made at a local level for the management of rainwater. Municipal planning with regard to basic sanitation which follows the guidelines of the Sanitation Law, confirms the fact that transparency and social control are key principles required for the success of municipal policies.

The participatory role of the communities can be ensured by the system adopted and put into effect by the governance which allows the setting up of advisory boards, public-private partnerships and the installation of a participatory budget – i.e. the “democratization” of public mechanisms.

The use of sustainable techniques and non-conventional methods for the management of rainwater (based on the concept of low-impact environmental urban design and development), and the search for local models of governance that are suited to Brazilian towns and cities, are effective methodologies for rainwater management which can strengthen social control and democratic participation.