

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

RAMÓN STOCK BONZI

**A dimensão infraestrutural da paisagem:
uma estratégia para a “crise hídrica” da Grande São Paulo**

São Paulo
2019

RAMÓN STOCK BONZI

**A dimensão infraestrutural da paisagem:
uma estratégia para a “crise hídrica” da Grande São Paulo**

EXEMPLAR REVISADO E ALTERADO EM RELAÇÃO À VERSÃO ORIGINAL, SOB RESPONSABILIDADE DO
AUTOR E ANUÊNCIA DO ORIENTADOR

A versão original, em formato digital, ficará arquivada na Biblioteca da Faculdade.

São Paulo, 25 de novembro de 2019.

Tese apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor
em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Paisagem e Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Paulo Renato Mesquita Pellegrino

São Paulo
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

rsb@usp.br

Catálogo na Publicação
Serviço Técnico de Biblioteca
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Bonzi, Ramón

A dimensão infraestrutural da paisagem: uma estratégia para a "crise hídrica" da Grande São Paulo / Ramón Bonzi; orientador Paulo Pellegrino. - São Paulo, 2019. 227f.

Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Paisagem e Ambiente.

1. Infraestrutura Verde. 2. Sistema de Abastecimento de Água. 3. Crise Hídrica. 4. Planejamento da Paisagem. I. Pellegrino, Paulo, orient. II. Título.

Elaborada eletronicamente através do formulário disponível em: <<http://www.fau.usp.br/fichacatalogica/>>

Nome: BONZI, Ramón Stock

Título: A dimensão infraestrutural da paisagem: uma estratégia para a “crise hídrica” da Grande São Paulo

Tese apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovado em: 12/11/2019

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Pesquisa desenvolvida com recursos de bolsa regular de doutorado processo 2016/08656-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

RESUMO

BONZI, Ramón Stock. **A dimensão infraestrutural da paisagem**: uma estratégia para a “crise hídrica” da Grande São Paulo. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

A “crise hídrica” que acometeu a Grande São Paulo entre 2014 e 2015 foi amplamente debatida, sobretudo no que tange a gestão do sistema de abastecimento de água e a influência de anomalias climáticas. No entanto, há um aspecto que foi negligenciado: o projeto desta infraestrutura urbana. A presente pesquisa parte da premissa de que a “crise hídrica” também se deve à inadequação do modelo de urbanização hegemônica que historicamente desconsiderou a base natural da cidade e capitulou o planejamento urbano em nome da engenharia de infraestruturas quase sempre de grande escala, centralizada, monofuncional e projetada para resistir às forças da natureza, raramente tomando partido delas. O objetivo principal deste trabalho é avaliar o atual sistema de abastecimento de água metropolitano sob o paradigma da Infraestrutura Verde a fim de verificar um conjunto encadeado de três hipóteses: a “crise hídrica” é melhor compreendida como colapso hidrológico causado pela urbanização; o próprio projeto do sistema de abastecimento metropolitano contribuiu para a ocorrência do episódio de 2014-2015; soluções baseadas na paisagem são capazes de trazer melhoramentos significativos para o sistema de abastecimento metropolitano. Para tanto, produziu-se um arcabouço teórico que demonstra que a paisagem possui uma dimensão infraestrutural fundamental para a sobrevivência e prosperidade dos assentamentos humanos e são apresentadas renomadas práticas internacionais que preparam cidades e infraestruturas urbanas para as mudanças climáticas. Em seguida é analisada a urbanização de São Paulo frente à sua base biogeofísica e descritos cada subsistema de abastecimento (Cantareira, Alto Tietê, Guarapiranga, Cotia, Rio Claro, Rio Grande, Ribeirão da Estiva, Capivari e São Lourenço) a partir da delimitação e caracterização das respectivas bacias hidrográficas tributárias. Na parte final da pesquisa são apontadas as fragilidades do sistema de abastecimento de água atual e propostas diretrizes para o seu melhoramento. Adotando a

compartimentação do relevo como método para a espacialização das tipologias paisagísticas da Infraestrutura Verde, conforme adaptação que Bonzi fez do Zoneamento Ambiental desenvolvido por Schutzer a partir da clássica análise geomorfológica tripartite de Ab'Saber, as diretrizes propostas são testadas em quatro situações espaciais típicas (rural, periurbano, urbanização precária e área densamente povoada). Conclui-se que a paisagem é uma chave analítica que permite entender a inadequação do atual sistema de abastecimento e da urbanização paulistana. Ademais, soluções baseadas no entendimento de que a paisagem pode desempenhar funções infraestruturais, como preconiza a Infraestrutura Verde, permitem maior harmonização entre a ocupação humana e os processos naturais da base natural em que se assenta, colaborando assim para a reversão do colapso hidrológico urbano e para o melhoramento do sistema de abastecimento de água metropolitano.

Palavras-chave: Infraestrutura Verde. Sistema de abastecimento de água. Crise hídrica. Planejamento da paisagem. Infraestrutura urbana.

ABSTRACT

BONZI, Ramón Stock. **The infrastructural dimension of landscape: a strategy for the "water crisis" of Greater São Paulo.** Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

The "water crisis" that affected Greater São Paulo between 2014 and 2015 was largely debated, especially regarding the management of the water supply system and the influence of climatic anomalies. However, there is one aspect that has been neglected: the design of this urban infrastructure. The present research is based on the premise that the "water crisis" is also due to the inadequacy of the hegemonic urbanization model that historically disregarded the natural basis of the city and capitulated urban planning in the name of infrastructures engineering almost always on a large scale, centralized, monofunctional and designed to resist the forces of nature, rarely taking advantage of them. The main objective of this work is to evaluate the current metropolitan water supply system under the Green Infrastructure paradigm in order to verify a set of three hypotheses: the "water crisis" is better understood as a hydrological collapse caused by urbanization; the design of the metropolitan supply system contributed to the occurrence of the 2014-2015 episode; landscape-based solutions are capable of bringing significant improvements to the metropolitan supply system. To this end, a theoretical framework has been developed that demonstrates that the landscape has a fundamental infrastructure dimension for the survival and prosperity of human settlements, and are presented the international practices that prepare cities and urban infrastructures for climate change. Next, the urbanization of São Paulo in front of its biogeophysical base is analyzed, and each subsystem of supply (Cantareira, Alto Tietê, Guarapiranga, Cotia, Rio Claro, Rio Grande, Ribeirão da Estiva, Capivari and São Lourenço) is analyzed from the delimitation and characterization of the respective tributary river basins. In the final part of the research the weaknesses of the current water supply system are pointed out and proposed guidelines for its improvement. Adopting the compartmentalisation of relief as a method for the spatialisation of the Green Infrastructure landscape typologies, as Bonzi adapted the Environmental Zoning

developed by Schutzer from the classic tripartite geomorphological analysis of Ab'Saber, the proposed guidelines are tested in four typical spatial situations (rural, peri-urban, precarious urbanization and densely populated area). We concluded that landscape is an analytical key that allows us to understand the inadequacy of the current supply system and urbanization in São Paulo. In addition, solutions based on the understanding that the landscape can perform infrastructural functions, as advocated by the Green Infrastructure, allow better harmonization between the human occupation and the natural processes of the natural base on which it is based, thus contributing to the reversal of the urban hydrological collapse and for the improvement of the metropolitan water supply system.

Key words: Green Infrastructure. Water supply system. Water crisis. Landscape planning. Urban infrastructure.

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| INTRODUÇÃO | 12 |
| O objeto de estudo..... | 16 |
| Objetivos..... | 17 |
| As hipóteses..... | 18 |
| Materiais e métodos..... | 19 |
| Os capítulos..... | 21 |
| 1. A DIMENSÃO INFRAESTRUTURAL DA PAISAGEM | 26 |
| 1.1 Infraestrutura como manifestação das relações homem-ambiente..... | 27 |
| 1.2 O nascimento do termo “infraestrutura” | 30 |
| 1.3 Críticas à infraestrutura convencional..... | 32 |
| 1.4 Outras possibilidades infraestruturais | 36 |
| 1.5 Métodos para uma nova infraestrutura..... | 44 |
| 2. OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE AS CIDADES E COMO O FENÔMENO TEM ALTERADO O PROJETO E O PLANEJAMENTO DAS INFRAESTRUTURAS URBANAS..... | 57 |
| 2.1 Cidades sob risco | 58 |
| 2.2 Adaptar ou mitigar, eis a questão | 60 |
| 2.3 Planejar e projetar na era da incerteza | 62 |
| 2.4 Com o que se parece uma cidade preparada para as mudanças climáticas: uma revisão teórica..... | 66 |
| 2.5 Com o que se parece uma cidade preparada para as mudanças climáticas: cinco estudos de caso | 69 |
| 2.5.1 Room for the River (Países Baixos) | 69 |
| 2.5.2 Sponge City (China)..... | 71 |
| 2.5.3 A stronger, more resilient New York/Rebuild by Design (Nova York)..... | 75 |
| 2.5.4 TE 2100 (Londres) | 79 |
| 2.5.5 Resilient New Orleans (Nova Orleans) | 82 |
| 3. RELAÇÕES ENTRE A INFRAESTRUTURA CONSTRUÍDA E A BASE BIOFÍSICA DA CIDADE DE SÃO PAULO E ARREDORES | 88 |
| 3.1 A base natural como aliada | 89 |
| 3.2 A base natural entre o estorvo e a oportunidade..... | 93 |
| 3.3 A transformação da base natural em artefato técnico e mercadoria..... | 97 |
| 3.4 Abastecimento de água: a hidrografia como escassez construída..... | 102 |
| 3.5 Drenagem urbana: os excessos de uma hidrografia indomável..... | 112 |
| 3.6 Esgotamento sanitário: hidrografia castigada entre o excesso e a escassez ... | 118 |

| | |
|--|------------|
| 3.7 A formação da região metropolitana | 121 |
| 3.8 Tendências para o futuro..... | 124 |
| 4. O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DA RMSP, AS FORÇAS SOCIAIS E NATURAIS INCIDENTES, E AS INTERAÇÕES COM OUTROS SISTEMAS INFRAESTRUTURAIS.. | 128 |
| 4.1 Sistema Cantareira..... | 131 |
| 4.2 Sistema Alto Tietê | 138 |
| 4.3 Sistema Guarapiranga | 141 |
| 4.4 Sistema Cotia..... | 144 |
| 4.5 Sistema Rio Claro..... | 146 |
| 4.6 Sistema Rio Grande | 147 |
| 4.7 Sistema Ribeirão da Estiva..... | 150 |
| 4.8 Sistema Capivari | 151 |
| 4.9 Sistemas isolados | 153 |
| 4.10 Características físicas do SIM durante a “crise hídrica” | 155 |
| 4.11 Medidas não estruturais tomadas por conta da “crise hídrica” | 157 |
| 4.12 Medidas prometidas para evitar novas “crises hídricas” | 157 |
| 4.12.1 Sistema São Lourenço..... | 159 |
| 4.13 Avaliações externas à SABESP e projeções futuras | 160 |
| 5. SOLUÇÕES BASEADAS NA PAISAGEM COMO ESTRATÉGIA PARA O MELHORAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA RMSP..... | 163 |
| 5.1 Diagnóstico do sistema de abastecimento da RMSP: entre as limitações naturais, as apropriações populares e as soluções baseadas na paisagem..... | 163 |
| 5.2 Sinergias de um colapso hidrológico anunciado: interferências da urbanização e de outras infraestruturas sobre as águas metropolitanas | 169 |
| 5.3 Por um sistema de abastecimento metropolitano que tome partido da dimensão infraestrutural da paisagem – considerações e diretrizes | 173 |
| 5.4 Com o que se parece um sistema de abastecimento de água que toma partido da dimensão infraestrutural da paisagem | 178 |
| 5.4.1 Boas práticas rurais: Projeto Conservador das Águas, Extrema (MG) | 178 |
| 5.4.2 Revertendo ocupação precária em zona de manancial: uma Infraestrutura Verde para a Billings | 181 |
| 5.4.3 Área periurbana: esboço para represas multifuncionais de reúso | 189 |
| 5.4.4 O desafio das áreas densamente povoadas: uma proposta para a bacia hidrográfica do córrego Mandaqui | 193 |
| CONCLUSÃO..... | 203 |
| REFERÊNCIAS | 213 |

INTRODUÇÃO

Após 15 anos de deliberações, em 2010 finalmente a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) declarou que o acesso à água limpa é um direito humano fundamental. Não bastasse a demora em reconhecer tão evidente necessidade uma vez que ser humano algum em condições normais consegue sobreviver mais do que três dias sem água, dez anos depois da decisão 30% da humanidade ainda segue sonhando com o dia em que terá água potável em casa.

No Brasil, as águas são oficialmente bens do Estado. Apesar de deter 12% de toda a água doce do planeta, o Estado brasileiro tem se mostrado incapaz de garantir a sua disponibilidade para cerca de 20 % da população. Quando cumpre o seu dever, perde em média 38% da água durante o processo.

Nas grandes e médias cidades brasileiras, a urbanização hegemônica e a falta de universalização do saneamento básico levaram à ressignificação da água, cada vez menos percebida como elemento que possibilita a existência da vida, mas sim como importante ameaça à vida humana. A ausência de coleta e tratamento de esgoto transformou a água em um líquido malcheiroso que deve ser evitado. Em contato com a pele ou se consumida, mesmo que diluída em quantidades centesimais, a água nesta condição é veículo de doenças e a grande responsável pela mortalidade infantil.

Ademais, as operações típicas da urbanização hegemônica – impermeabilização desenfreada do solo, desmatamento irrestrito e alteração radical de cursos d'água – alteraram significativamente os fluxos da água. Elemento sagrado em muitas culturas, para grande parte da população urbana brasileira a água significa perigo, ora por seus excessos materializados em inundações, alagamentos e deslizamentos de terra, ora por sua escassez sob forma de baixa umidade do ar, estiagem prolongada e, mais recentemente, “crise hídrica”.

Na chamada “crise hídrica” que acometeu a capital paulista e arredores no período de 2014-2015 os reservatórios do sistema Cantareira alcançaram índices negativos de armazenamento, o que colocou 20 milhões de pessoas em estado de

alerta. O episódio é sintomático de que mesmo cidades que supostamente universalizaram o abastecimento não são de fato capazes de garantir aos seus habitantes o acesso contínuo e infalível à água.

Apesar da gravidade do episódio e de sua quase repetição apenas dois anos depois, as lições ainda parecem não terem sido aprendidas tanto pelos gestores do sistema quanto por seus críticos.

Nitidamente influenciados pela recente e pronunciada polarização política que domina a sociedade brasileira desde as “jornadas de junho de 2013”, veículos de informação em massa, academia e ativistas das mídias sociais apresentaram duas explicações para a “crise hídrica” de 2014-2015.

Para os alinhados à ideologia de esquerda, o sucedido se deve única e exclusivamente a problemas de gestão do sistema de abastecimento, demonizando assim a vertente política com o qual antagonizam e que está no comando do governo estadual desde a redemocratização do país.

Já os defensores do status quo apontaram as mudanças climáticas como única responsável pela escassez que colocou a cidade em alerta. Desta maneira, naturalizam a questão e indiretamente transferem-na para a esfera federal (à época sob comando do partido adversário) já que o aumento de queimadas na Amazônia teria supostamente contribuído para a severa anomalia no regime de chuvas da região Sudeste.

As explicações, mesmo que aceitas como plausíveis e não excludentes, parecem-nos insuficientes para esclarecer o episódio ocorrido em 2014/2015. Entendemos que a recente “crise hídrica” também se deve à inadequação do modelo de urbanização hegemônica que historicamente desconsiderou ou até mesmo antagonizou com a base natural¹ da cidade de São Paulo e arredores.

A exemplo das sempre dramáticas e insolúveis inundações de verão, a “crise hídrica” de 2014-2015 coloca a necessidade de repensarmos as relações que a

¹ Também chamada de base geofísica ou biogeofísica.

sociedade moderna estabeleceu com as suas águas. Em um contexto mais abrangente, natureza e cidade não deveriam ser vistas como entidades antagônicas.

A urbanização poderia tomar partido da água existente nas paisagens que transforma, ao invés de tentar domá-la ou escondê-la. Uma abordagem sensível à sua presença e força reconhece que à água está atrelada uma série de serviços ambientais fundamentais para a qualidade de vida e bom funcionamento das cidades.

Por serem necessários e muitas vezes insubstituíveis para a reprodução da vida em sociedade tal como a conhecemos, defende-se aqui que água e outros elementos da paisagem como vegetação, solo e relevo sejam vistos como dotados de uma dimensão infraestrutural. Em outras palavras: a paisagem é uma infraestrutura.

Esse caráter infraestrutural da paisagem, isto é, a paisagem como área produtora de serviços ambientais importantes para as pessoas, vem qualificando a paisagem como alternativa para substituir e complementar serviços desempenhados pela infraestrutura convencional.

Principalmente dentro das áreas de conhecimento do Urbanismo, Arquitetura da Paisagem e Ciências Ambientais esta abordagem é conhecida pelo nome de Infraestrutura Verde (Green Infrastructure, originalmente). Há pesquisadores e ativistas que preferem o termo Infraestrutura Verde-Azul para enfatizar a importância da água nesta estratégia.

Recentemente também surgiu a ideia de Soluções Baseadas na Natureza (SbN). Este termo ganhou força em 2018 quando o relatório mundial da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) sobre recursos hídricos alçou as SbN à condição de paradigma para a gestão da água. No documento a infraestrutura verde é considerada uma forma custo-efetiva para lidar com infraestruturas hídricas insuficientes ou envelhecidas (p. 07).

No entanto, apesar de tal reconhecimento, as aplicações práticas e o arcabouço teórico da Infraestrutura Verde têm se limitado a planos de drenagem urbana e de proteção da biodiversidade.

Exceção temática frequentemente apontada pela mídia seria a opção que Nova York fez pela compra e restauração de terras na cadeia de montanhas de Catskill, 160km ao norte da cidade, ao invés da ampliação do sistema tradicional de tratamento de água.

Embora três décadas depois a escolha tenha se mostrado acertada sob o ponto de vista econômico (o plano custou um décimo da proposta rival e calcula-se que economize US\$300 milhões por ano ao Estado de N.Y.), entendemos que a rigor não se trata de um exemplo válido de Infraestrutura Verde já que a noção só surgiria meia década depois.

O exemplo emblemático de Nova York é melhor compreendido dentro da tradição do conservacionismo ambiental norte-americano. Além da cronologia, outra evidência que aponta para isso é que seu principal defensor, Robert Appleton, era então um comissário da Agência de Proteção Ambiental norte-americana (EPA).

Embora reúna soluções ainda válidas atualmente, o esquema nova-iorquino claramente opera dentro da lógica de que há um conflito insuperável entre conservação da natureza e desenvolvimento. Isto inclusive levou ao surgimento de animosidades entre os habitantes do sul e do norte do estado. Estes, mais pobres e rurais que seus vizinhos do sul, sentiram-se prejudicados com a série de novas regulações que inviabilizaram o uso que há gerações faziam de suas propriedades legalmente adquiridas.

A Infraestrutura Verde surgiu como proposta que transcende a dicotomia entre conservação da natureza e desenvolvimento humano. Esta tese traz uma contribuição original ao submeter a Infraestrutura Verde a um novo desafio: o abastecimento de água dentro de um contexto urbano.

Desafio que se transforma em *tour de force* quando o contexto urbano em questão é a Grande São Paulo, uma das maiores metrópoles do mundo e cujos

mananciais utilizados para o abastecimento encontram-se no limite de sua capacidade ou estão extremamente poluídos.

De acordo com o Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, para atender a população de quase 23 milhões de pessoas que deve habitar a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) em 2035, o sistema de abastecimento deverá incrementar as vazões para algo entre 82,84m³/s e 86,72m³/s. Quando foi elaborado, em 2013, a vazão do sistema era 69,22m³/s. Atualmente, seis anos depois, estima-se que opere com vazões de 72m³/s.

Em matéria publicada em agosto de 2019², o jornal The New York Times informou que o nível de estresse hídrico de São Paulo é considerado alto pelos pesquisadores da organização World Resources Institute (WRI), que realizou estudo mundial sobre a situação das cidades com mais de três milhões de habitantes.

O objeto de estudo

O objeto desta tese é a aplicação da Infraestrutura Verde em sistemas de abastecimento de água³ de grandes cidades, tendo como recorte espacial a Grande São Paulo, também conhecida como RMSP (Região Metropolitana de São Paulo), acrescida das bacias hidrográficas tributárias do Sistema Integrado Metropolitano (SIM). Entendemos que mesmo o foco sendo a capital, não é possível evitar uma nova “crise hídrica” paulistana sem entender o sistema de abastecimento que ela compartilha com outras dezenas de cidades e que por sua vez explora recursos hídricos provenientes de uma área muito maior, que alcança a escala da macrometrópole paulista.

Já o recorte temático, a Infraestrutura Verde, é entendida aqui como a noção de que a paisagem é capaz de fornecer serviços ecossistêmicos fundamentais para o bom funcionamento da cidade. Trata -se de uma abordagem mais flexível do que outras existentes, notadamente aquelas que entendem que a Infraestrutura Verde é

² Disponível em: <<https://www.nytimes.com/interactive/2019/08/06/climate/world-water-stress.html?smid=nytcore-ios-share>>. Acesso em

³ Embora o abastecimento público seja privilegiado nesta pesquisa, as outras funções de que trata a Infraestrutura Verde, tais como drenagem sustentável e proteção da biodiversidade também, serão contempladas.

uma rede espacialmente conectada de espaços abertos ou a naturalização da drenagem urbana realizada por tipologias paisagísticas como jardins de chuva, biovaletas e wetlands construídos.

A opção por uma definição flexível se justifica pelo fato de que a Infraestrutura Verde é uma ideia recente, ainda em construção. Há de fato quem prefira chamá-la de Estrutura Ecológica ou Infraestrutura Verde-Azul. Seja como for, ao trabalharmos a Infraestrutura Verde como uma noção e não como um conceito rigidamente delimitado criamos a possibilidade de enriquecer seu arcabouço teórico com fundamentação teórica proveniente de propostas afins.

“Landscape Urbanism”, “Landscape Infrastructure”, “Large Technological Systems”, “Landscape Machines”, “Urbanismo Ecológico”, “Low Impact Development” e “Water Sensitive Design”, por exemplo, são formulações teóricas que criticam a maneira como a infraestrutura convencional vêm sendo planejada, gerida e projetada. Elas identificam em outros campos de conhecimento, notadamente a ecologia, maneiras de superar os problemas apresentados pela infraestrutura convencional.

Esta pesquisa entende que há uma dimensão infraestrutural da paisagem que embora esteja presente em intervenções paisagísticas ancestrais como os campos de arroz asiáticos e seja protagonista no trabalho de Olmsted, considerado o fundador da Arquitetura da Paisagem moderna, ainda carece de formulação teórica.

Neste sentido, também podemos definir o objeto de estudo da pesquisa como uma investigação sobre como a tomada da paisagem como elemento-chave no projeto da infraestrutura urbana pode aportar com diretrizes capazes de diminuir a vulnerabilidade hídrica da Grande São Paulo.

Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é investigar se conceitos provenientes do arcabouço técnico e teórico da Infraestrutura Verde e propostas afins podem ser úteis para orientar os sistemas de abastecimento de água de grandes cidades. Trata-se de uma abordagem original que confere ineditismo à tese já que muito

embora a Infraestrutura Verde seja uma noção cada vez mais aceita na academia e até por outras propostas de desenho urbano ecologicamente informado (Bonzi, 2015a), na prática são apenas duas as suas aplicações usuais até o momento: proteção da biodiversidade e drenagem urbana. Seja na prática ou no plano teórico não existem exemplos de infraestrutura verde focada no abastecimento de água. Esta é ainda uma questão em aberto. É central desta pesquisa.

Como objetivos específicos elencamos:

- Compreender como se deu a urbanização da cidade de São Paulo e arredores em relação à sua base biofísica
- Identificar problemas do atual sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo.
- Testar se a Infraestrutura Verde é capaz de propor melhoramentos significativos para o sistema de abastecimento de água.
- Contribuir para uma nova postura frente ao quadro de escassez hídrica que segue ameaçando a população paulistana e pressionando ecossistemas em seu entorno.

As hipóteses

Entendemos que será possível dar respostas aos objetivos e questões apontadas anteriormente por meio da articulação de diretrizes projetuais que estão dispersas nos escritos de autores críticos da infraestrutura convencional tais como Ahern, Pellegrino, Moss, Bonzi, Benedict, McMahon, Schutzer, Cormier e Bélanger. Desta premissa decorre a hipótese principal logo abaixo, que se encadeia com as duas seguintes:

- Embora as aplicações da Infraestrutura Verde tenham se restringido à proteção da biodiversidade e à drenagem urbana, a Infraestrutura Verde pode ser aplicada no planejamento e projeto de infraestruturas urbanas de abastecimento de água.

- A chamada “crise hídrica” da Grande São Paulo é, na verdade, um colapso hidrológico induzido por um processo de urbanização alheio a sua base biogeofísica.

- Ainda que existam problemas de gestão do sistema e seja provável a influência das mudanças climáticas sobre o grave quadro de escassez hídrica metropolitana, o projeto do sistema de abastecimento de água da RMSP também contribuiu para a vulnerabilidade hídrica da região.

Materiais e métodos

A pesquisa foi desenvolvida de maneira a se alinhar e dialogar com os trabalhos e estudos desenvolvidos pelo LABVERDE da FAUUSP, notadamente com o projeto regular da FAPESP “Infraestrutura verde para a resiliência urbana às mudanças climáticas da cidade de São Paulo”, coordenado pela dra. Maria de Assunção Ribeiro Franco (processo 2015/10597-0 do Programa de Inovação Tecnológica/PFPMCG - Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais / PFPMCG).

A tese foi estruturada e desenvolvida da seguinte maneira:

Etapa I – Revisão bibliográfica de caráter exploratório com a finalidade de entender o papel das infraestruturas ao longo da história e a atual inadequação de seu projeto convencional. A articulação das ideias de vários autores ligados à Infraestrutura Verde e propostas afins aliada a estudos de casos de reconhecidas boas práticas internacionais permitem a construção de um arcabouço teórico inovador e robusto para fundamentar estratégias para o aproveitamento dos serviços ecossistêmicos realizados pela paisagem. Este novo paradigma infraestrutural, o recorte temático da pesquisa, é potencialmente capaz de preparar as cidades não somente para os desafios atuais, mas também para os desafios futuros, sobretudo aqueles colocados pelas mudanças climáticas. Privilegiando a prática projetual, são descritas e comparadas detalhadamente as mudanças de diretrizes entre as culturas de projeto infraestrutural. O quadro a seguir elenca algumas das mudanças identificadas:

| Infraestrutura convencional | Infraestrutura verde |
|------------------------------------|-----------------------------|
| ▲ Centralizada | ▲ Descentralizada |
| ▲ Grande escala | ▲ Multiescalar |
| ▲ Monofuncional | ▲ Multifuncional |
| ▲ Projetada para resistir | ▲ Projetada para se adaptar |
| ▲ Eficiente | ▲ Redundante |
| ▲ Trajetória previsível | ▲ Trajetória (im)previsível |
| ▲ Estrutura estável | ▲ Estrutura instável |
| ▲ Construída | ▲ Plantada |
| ▲ Regime monopólio | ▲ Diversidade de atores |

Quadro 1 - Comparativo entre diretrizes da infraestrutura convencional e da Infraestrutura Verde. Elaborado pelo autor.

Etapa II – Revisão bibliográfica de cunho histórico, associada à pesquisa iconográfica de apoio, para descrever a formação da cidade de São Paulo e arredores, o epicentro do recorte espacial de nossa pesquisa. Tendo em vista que uma das hipóteses da tese é que a atual “crise hídrica” é na verdade o colapso hidrológico fomentado por uma urbanização alheia a sua base biogeofísica, o fio condutor desta etapa é a relação entre ambiente construído e sítio natural, destacando-se relevo, vegetação e hidrografia. O clima é abordado em um recorte temporal que também abarca o futuro, a fim de apresentar os efeitos previstos das mudanças climáticas na RMSP.

Etapa III – Articulação entre pesquisa bibliográfica, consulta a planos de bacias e produção de material cartográfico original visa esmiuçar o funcionamento do sistema de abastecimento metropolitano da RMSP. Mapeamentos geomorfológicos, hidrográficos e de uso e ocupação do solo dão suporte à análise das bacias hidrográficas formadoras dos mananciais utilizados pelo sistema de abastecimento metropolitano. O programa utilizado é o QGIS, software livre de georreferenciamento. Bases cartográficas em formato shapefile foram obtidas juntos aos comitês de bacia do Alto Tietê, do PCJ e da Baixada Santista e junto ao Instituto Socioambiental (ISA). Também foram utilizadas bases da prefeitura de São Paulo, obtidas nos sites Gestão Urbana e Geosampa. Tentou-se obter bases junto à SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), mas entendemos que as exigências feitas pela empresa, que desde maio de 2015

declarou sigilo de 15 anos sobre uma série de dados operacionais, poderiam comprometer a pesquisa⁴.

Etapa IV – Articulação dos conhecimentos obtidos nas etapas anteriores a fim de fazer uma análise crítica e propositiva sobre o atual sistema de abastecimento metropolitano, confrontando, portanto, a hipótese de que o desenho do sistema é inadequado. A conclusão da tese se fundamenta no arcabouço teórico da Infraestrutura Verde desenvolvido na etapa I e diretrizes originais para seu redesenho foram propostas para minimizar a ocorrência de novas “crises hídricas”. As propostas projetuais e os estudos de caso utilizam o método de zoneamento ambiental proposto por Schutzer (2004, 2012a) a partir de Ab'Sáber (1958, 1969) e adaptado por Bonzi para o contexto da Infraestrutura Verde (2015a, 2015b). Mapeamentos, fotografias e desenhos ilustram as propostas e diretrizes. Adicionalmente foram feitas visitas de campo de caráter exploratório para aprofundar o conhecimento das áreas escolhidas para intervenção. Na etapa final testa-se a hipótese segundo a qual a Infraestrutura Verde tem conceitos e diretrizes de projeto capazes de orientar o redesenho do sistema metropolitano de abastecimento de água de São Paulo.

Os capítulos

A tese é composta de cinco capítulos que podem ser subdivididos em três grandes blocos: revisão conceitual do tema, caracterização da área de estudo e aplicação do tema na área de estudo, que comprovará ou não a tese. O bloco “Revisão Conceitual” é composto pelos dois primeiros capítulos, que são dedicados ao recorte temático da pesquisa:

⁴ Os “termos de compromisso” estabeleciam, por exemplo, que qualquer publicação ou apresentação pública deveria ser necessariamente submetida a apreciação prévia da companhia. No entanto, o presente trabalho não ficou comprometido já que algumas das informações e bases necessárias para sua realização estavam disponíveis no site Gestão Urbana e em slides de técnicos da SABESP, disponíveis na internet. Outros dados, como a localização de reservatórios de bairro e pontos de captação de água foram obtidos por meio de análise de imagens aéreas ou com a leitura de editais (pregão online) para terceirização da manutenção de áreas verdes pertencentes à empresa.

O capítulo **“A dimensão infraestrutural da paisagem”** inicia o desenvolvimento da tese contando como surgiu e evoluiu a prática de fazer intervenções físicas no ambiente para dar suporte à vida em grupo. São descritas algumas das infraestruturas mais antigas e emblemáticas feitas pelo homem como aquedutos, estradas e canais para irrigação. Levantamento conceitual evidencia diferentes entendimentos acerca do que é paisagem, mas no presente trabalho ela é compreendida como a manifestação espacial de relações entre o homem e o ambiente. Em nossa abordagem, a infraestrutura é apreciada para além de sua dimensão técnica, evidenciando que ela também é reflexo da cultura, da ideologia e de interesses políticos e econômicos. O capítulo discorre sobre as críticas feitas por diversos autores e escolas de pensamento acerca de como a infraestrutura urbana tem sido concebida, planejada, projetada e gerida. O capítulo constrói um arcabouço teórico que sistematiza e articula diretrizes projetuais até então dispersas nos escritos de autores críticos da infraestrutura convencional tais como Ahern, Pellegrino, Bonzi, Benedict, McMahon, Cormier e Bélanger.

O segundo capítulo, **“Os impactos das mudanças climáticas sobre as cidades e como o fenômeno tem alterado o projeto e o planejamento das infraestruturas urbanas”**, mostra como as mudanças climáticas impactam as cidades e identifica ideias, estratégias e conceitos para lidar com o fenômeno. As manifestações espaciais e físicas destas ideias e conceitos emergentes aplicáveis ao planejamento urbano são objeto privilegiado da investigação. Observa-se que ainda que cidades em todo o mundo tenham começado a discutir e implementar medidas para diminuir sua vulnerabilidade frente ao fenômeno das mudanças climáticas, no Brasil, prevalecem as medidas de cunho não estrutural. Políticas públicas para diminuir a emissão de carbono e sistemas de monitoramento e alerta de desastres são recomendados por manuais e cartilhas oficiais como “Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às mudanças climáticas – RMSP”, mas praticamente inexitem análises sobre as medidas estruturais necessárias para que as nossas cidades possam se adaptar e conviver com o fenômeno das mudanças climáticas. O capítulo preenche esse lapso teórico conceitual por meio de pesquisa exploratória em periódicos científicos, revisão da bibliografia sobre o tema e estudos de casos internacionais e emblemáticos. Elencamos a recuperação de

Nova Orleans pós furacão Katrina, o plano de resiliência de Nova Iorque, o novo paradigma de gestão do sistema de diques, dunas e paredões dos Países Baixos, o programa federal chinês para inundações urbanas e Thames 2100, planejamento de longo prazo que objetiva deixar Londres segura em relação às marés do Mar do Norte até 2100. As estratégias de desenho urbano e projeto infraestrutural identificadas no capítulo são potencialmente capazes de propor medidas para minimizar a vulnerabilidade hídrica da RMSPP frente às mudanças climáticas futuras.

O bloco “caracterização da área de estudo” também possui dois capítulos. Neles são tratados os recortes espacial e temporal da pesquisa.

“Relações entre a infraestrutura construída e a base biofísica da cidade de São Paulo e arredores”, o terceiro capítulo da tese, trata da relação entre o desenvolvimento da cidade, especialmente suas infraestruturas, em relação à sua base natural. São descritas as circunstâncias históricas em que surgiram os principais sistemas infraestruturais: viário, abastecimento de água, energético, esgotamento sanitário, habitacional, drenagem urbana e coleta de resíduos sólidos. Esta pesquisa partiu do pressuposto que o termo “crise hídrica” é enganoso já que o fenômeno a que se refere não é uma quebra na normalidade, acontecimento repentino ou ruptura em um estado de equilíbrio. Em nossa opinião, estaríamos diante de um colapso hidrológico que vem se agravando ao longo do tempo. De fato, a pesquisa histórica realizada no capítulo identificou cerca de duas dezenas de crises hídricas na história da cidade e arredores. O grave quadro que colocou São Paulo em alerta em 2014 e 2015 é, portanto, o ápice de uma trajetória iniciada há pelo menos um século e meio. O capítulo relaciona as “crises” anteriores a aspectos sociais e fenômenos naturais e identifica as respostas dadas pelo poder público e companhias de abastecimento aos eventos. Evidencia-se assim o papel das alterações na base biofísica da cidade, bem como as principais políticas públicas, regulações urbanísticas e influência das mudanças climáticas nos episódios. O capítulo finaliza com a apresentação dos principais vetores de crescimento e tendências demográficas e climáticas que impactarão o sistema de abastecimento no curto, médio e longo prazo.

O capítulo seguinte, de número 4, **“O sistema de abastecimento da RMSP, as forças sociais e naturais incidentes, e as interações com outros sistemas infraestruturais”**, descreve o sistema de abastecimento metropolitano da RMSP. Inicia problematizando a hidrologia da RMSP e os desafios que coloca ao abastecimento de grande contingente populacional: baixa disponibilidade hídrica natural inerente a regiões localizadas em alto curso e conflitos com outros sistemas infraestruturais (drenagem urbana e geração de energia, sobretudo). Em seguida são descritos os sistemas constituintes do SIM: Cantareira, Alto Tietê, Guarapiranga, Rio Grande, Rio Claro, Capivari, Ribeirão da Estiva, Alto e Baixo Cotia e São Lourenço. Mapas elaborados no QGIS mostram a área de drenagem que efetivamente é captada por cada sistema, localizando suas represas, principais cursos d’água, estações de tratamento de água (ETA), municípios e uso do solo. Características técnicas como vazões são fornecidas e descritas as ameaças que incidem sobre cada manancial, em que se destaca o esgotamento sanitário sem tratamento. São apresentadas as alterações que cada sistema sofreu durante a “crise hídrica” de 2014-2015. O capítulo finaliza com a descrição das obras prometidas pela SABESP para evitar novas crises hídricas no futuro e apresenta avaliações e projeções externas à companhia.

No bloco aplicação, o capítulo final é dedicado a verificar como o conteúdo teórico apresentado nos dois primeiros capítulos se comporta ao ser aplicado em uma situação específica, no caso o sistema de abastecimento metropolitano de São Paulo e a área por ele abastecida, caracterizados previamente nos capítulos 3 e 4.

“Soluções baseadas na paisagem como estratégia para o melhoramento do sistema de abastecimento de água da RMSP” é a conclusão da tese. O capítulo 5 inicia com o diagnóstico do sistema de abastecimento da RMSP embasado no corpo teórico apresentado nos dois primeiros capítulos. Em seguida propõe diretrizes para melhoramentos do sistema, de maneira que diminuam as chances de ocorrência de uma nova “crise hídrica” no futuro, levando em conta tanto as demandas futuras da população e setores produtivos quanto as mudanças climáticas que provavelmente incidirão sobre a região. As diretrizes propostas são testadas em quatro situações espaciais típicas encontradas no recorte espacial da pesquisa (rural, periurbano, urbanização precária e área densamente povoada). A

metodologia da compartimentação do relevo, conforme adaptação que Bonzi (2015a,2015b) fez do Zoneamento Ambiental desenvolvido por Schutzer (2004, 2012a) a partir da clássica análise geomorfológica de Ab'Saber (1958, 1969), é o método para a espacialização das tipologias paisagísticas da Infraestrutura Verde. A análise de soluções para o meio rural analisa o Projeto Conservador das Águas do município de Extrema (Minas Gerais), situado no manancial formador do Sistema Cantareira. O aproveitamento de efluentes de estações de tratamento de esgoto é proposta no cenário periurbano por meio da criação de parques multifuncionais baseados em wetlands construídos, proposta que reforçaria os sistemas Cotia e Alto Tietê. A criação de uma orla com infraestrutura paisagística no Ribeirão Cocaia, um dos braços da represa Billings, ilustra como pode se dar a recuperação de manancial em regiões de urbanização precária. Por fim, a proposta de utilização de água subterrânea de aquíferos profundos na bacia do córrego Mandaqui, na zona norte da capital, ao lado do aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, ilustra soluções baseadas na dimensão infraestrutural da paisagem para áreas densamente urbanizadas. Em termos gerais, a viabilidade destas soluções baseadas na paisagem pode ser vista como a comprovação ou não desta tese.

1. A DIMENSÃO INFRAESTRUTURAL DA PAISAGEM

A definição do que vem a ser paisagem é assunto que embora estudado há mais de século parece distante de se tornar consenso. Geografia, arquitetura, biologia, artes e filosofia são algumas das áreas do conhecimento que mais fortemente se debruçaram sobre a questão, gerando uma infinidade de definições incapazes de se harmonizar sequer dentro de uma mesma área.

Entre os aspectos mais curiosos da miríade conceitual está o fato de que para algumas acepções a ideia de paisagem só faz sentido se estiver presente o elemento humano, como é o caso do verbete presente nos dicionários (segundo o qual “paisagem” é a porção do espaço físico abrangida pelo olhar), enquanto para outras linhas de pensamento a paisagem dispensa a nossa presença.

Nestas destaca-se o entendimento de alguns ecologistas de que a paisagem diz respeito a um nível de organização entre elementos bióticos e abióticos hierarquicamente situado entre ecossistema e bioma (BARRETT; PELES; ODUM, 1997, p. 532) ou ainda “uma grande área com muitos tipos diversos tipos de *habitat*” (RICKLEFS, 2011, p. 470).

Na geografia, há vertentes que denegam a presença humana na paisagem. O eminente geógrafo brasileiro Milton Santos, por exemplo, chegou a evocar a explosão de uma bomba de nêutrons (2002, p. 106) para explicar que a paisagem é o espaço sem a vida que a anima (Idem, p. 103).

Neste trabalho a paisagem é entendida como a manifestação espacial das relações entre homem e ambiente, entre homem e seu entorno. Trata-se de uma concepção que muito se aproxima do entendimento de outro geógrafo, o estadunidense Carl Sauer, para quem “o conteúdo da paisagem é encontrado (...) nas qualidades físicas da área que são importantes para o homem e nas formas do seu uso da área, em fatos de base física e fatos da cultura humana” (2004, p. 29).

No campo da arquitetura e do urbanismo, embora o conceito de paisagem seja considerado importante e não falem pesquisas e conceituações teóricas a

respeito, as abordagens têm claramente sido dominadas pelos vieses artísticos e culturais, que mais recentemente, um tanto a contragosto, tiveram que ceder espaço ao discurso ecológico. Surpreendente, pouco se investigou a paisagem naquilo que ela é decisiva para a sobrevivência do ser humano.

1.1 Infraestrutura como manifestação das relações homem-ambiente

Muito antes do homem ser capaz de descrever o seu ambiente, representá-lo graficamente ou atribuir-lhe significado simbólico ou sagrado, a espécie humana se relacionava intimamente com o seu entorno. Como os demais seres vivos, nossos antepassados não tinham outra opção que não fosse fazer uso de seu entorno para satisfazer as necessidades de água, comida e abrigo. O sucesso ou fracasso nestas empreitadas incessantes, permanentemente tensionadas entre os riscos e as oportunidades inerentes às opções movimento e repouso (MUMFORD, 2004, p.11), determinavam o destino de contingentes populacionais inteiros durante o período nômade da humanidade.

Ao usar o seu entorno, inevitavelmente o homem alterava-o. De acordo com Jellicoe; Jellicoe desde que inventou a primeira ferramenta, em 500.000 AC, o homem “iniciou a estupenda tarefa de ajustar o ambiente a si mesmo, assim como si mesmo ao ambiente” (1998, p. 10. tradução nossa).

Para Careri, os menires são a “primeira transformação física da paisagem de um estado natural a um estado artificial” (2013, p.56). Recentemente cresceu o entendimento de que essas grandes pedras artificialmente dispostas nos mais diferentes lugares do mundo tinham o objetivo de funcionar primeiramente como balizas que orientavam o fluxo de pessoas, sinalizando caminhos de caça, rotas comerciais e acessos a recursos naturais, por exemplo. Posteriormente, alguns menires foram apropriados como espaços rituais e simbólicos. Tamanho e peso indicam que foram intervenções feitas em grupo.

De fato, devido à natureza gregária do ser humano, boa parte dos usos e dos ajustes feitos no espaço físico circundante eram realizados de forma coletiva. Os avanços técnicos atrelados ao uso de ferramentas possibilitaram que as mudanças impostas ao ambiente fossem progressivamente maiores, ainda que antes do

advento da agricultura fossem modestas se comparadas às transformações que outras espécies realizavam em seus habitats⁵.

Por volta de 8000 AC, o uso de ferramentas e a crescente capacidade de domesticar plantas e animais possibilitou ao homem tornar-se sedentário e viver em grupos cada vez maiores.

Para Panzini, “com o desenvolvimento da agricultura, o homem foi se transformando de ser habitante da paisagem em construtor da própria paisagem” (2013, p. 49). A agricultura, segundo o autor, foi responsável pela primeira modificação permanente da paisagem. Na Mesopotâmia, aldeões mantinham cultivos nas planícies aluviais dos rios Tigre e Eufrates, a fim de aproveitar a matéria orgânica trazida pelas cheias sazonais que aumentavam substancialmente a capacidade produtiva. A agricultura aconteceu inicialmente ao norte, por volta de 6500 AC, nos locais onde as cheias eram menos violentas. Em 4000AC, tornou-se viável também cultivar áreas ao sul por meio da escavação de fossos e remoção de barragens naturais, o que possibilitou a fertilização de terrenos originalmente não inundáveis.

Perto dali, ainda na região conhecida como crescente fértil, os antepassados da civilização egípcia criaram tanques nas cotas mais altas da planície inundável do rio Nilo com o objetivo de guardar parte de suas cheias sazonais. Durante o período seco, as anteparas móveis dos tanques eram abertas, liberando a água armazenada para canais que irrigavam a superfície arável por gravidade. Esta estratégia viabilizou o estabelecimento da agricultura em um ambiente árido.

Essas infraestruturas hidráulicas ancestrais permitiram a prática da agricultura em larga escala, levando a um crescimento populacional inédito e ao surgimento das primeiras cidades. Estas, paradoxalmente, não eram habitadas por quem cultivava a terra, mas sim por especialistas tais como sacerdotes, guerreiros, artesãos e

⁵ Notadamente os sistemas de barragens e represas construídos por castores. O objetivo principal destas obras hidráulicas é a manutenção de um nível mínimo de água, o que possibilita que as entradas das tocas estejam sempre submersas, inclusive durante os períodos de estiagem, protegendo assim as colônias da ação dos predadores. Os diques feitos pelos castores podem elevar o nível de um curso d'água em muitos metros e alguns se estendem por centenas de metros, sendo visíveis do espaço.

mercadores, que segundo Benelovo surgiram com os excedentes da produção agrícola e daí controlavam o campo (2001, p. 10).

No início, as cidades eram basicamente assentamentos fixos protegidos do entorno por muros. Este senso de isolamento defensivo, a remodelação do ambiente e as estruturas sociais que emergiram com a vida em grupo, não são uma exclusividade humana. De acordo com Mumford, constituem “um exemplo de paralelismo e de convergência” com outros animais, sobretudo os insetos sociais (2004, p. 12).

Dentro dos muros das cidades, o homem continuou a transformar o seu entorno. Conforme aponta Mascaró, desde o seu início a paisagem urbana foi fortemente marcada pelos serviços de infraestrutura (2005, p. 24). À exemplo do que aconteceu na fase nômade, segundo o autor, as primeiras transformações que o homem impôs ao seu ambiente urbano estavam ligadas à rede viária, sendo seguido pelas infraestruturas hidráulicas.

Mays et al informam que Uruk, Ur, Mari e Babilônia, cidades surgidas nas imediações dos rios Tigre e Eufrates, eram abastecidas por canais conectados a rios, mas também por sistemas de calhas e cisternas que coletavam e armazenavam a água da chuva (2012, p. 22). Creta, ilha da atual Grécia, se valia dos mesmos tipos soluções, mas por volta de 3200 AC suas cidades já se valiam de dispositivos que filtravam as águas destinadas ao consumo humano. Posteriormente, por motivos de segurança os gregos passaram a enterrar suas infraestruturas de abastecimento, utilizando tubulações feitas em terracota ou túneis sob muros.

Segundo os autores, no período Helenístico (323AC-146AC), a conjuntura político-econômica levou a uma valorização arquitetônica e de embelezamento das cidades gregas, e os aquedutos ganharam papel de destaque. Outras infraestruturas hidráulicas surgiram ou se sofisticaram neste período, como casas de banhos públicos, banheiros, portos, poços e sistemas de drenagem e esgotamento.

Com o estabelecimento do Império Romano em 146AC, os aquedutos deixaram de ser enterrados já que a segurança de suas cidades supostamente estava garantida. Eles se destinavam tanto a usos rurais quanto urbanos, mas

dentro da cidade serviam basicamente para alimentar os banhos públicos já que a água destinada ao consumo provinha de poços e a utilizada na limpeza procedia de cisternas residenciais. Os aquedutos se sofisticaram muito neste período, contando com diferentes componentes feitos de diferentes materiais como alvenaria, argila, latão ou chumbo para desempenhar diferentes funções como armazenamento, transporte, retirada de sedimentos e mudança de nível. Eram símbolos do orgulho cívico romano, sobretudo nos trechos em que contavam com pontes para vencer os desníveis da paisagem (Idem, p. 28).

Possivelmente foi a primeira vez na história que o abastecimento de água foi equacionado por uma cidade. Isso certamente colaborou para que Roma tenha se tornando, muito provavelmente, a primeira cidade a atingir um milhão de pessoas, o que ocorreu entre os séculos I e II DC.

1.2 O nascimento do termo “infraestrutura”

Como pode-se observar, seja nômade, rural ou urbano, é intrínseco ao ser humano realizar intervenções em seu entorno para dar suporte às atividades que permitem a sua reprodução social. Estas permitem que o homem não seja totalmente escravo das forças da natureza e se organize socialmente. Em contrapartida, o homem passa então a depender delas e, em certa medida, seu destino fica atrelado ao desempenho das intervenções que realiza no entorno.

Canais que transportam água por longas distâncias, reservatórios que garantem o abastecimento durante o período seco e extensas trilhas primitivas rapidamente tornaram-se imprescindíveis para os povos que as criaram. Tornaram-se a base física que suporta uma sociedade. Certamente se encaixam no significado da palavra “infraestrutura”.

Embora atualmente seja uma palavra de domínio público, que no contexto urbano se refere aos serviços públicos de uma cidade, como esgotamento sanitário, abastecimento de água, energia elétrica, drenagem, sistema viário, telefonia e gás canalizado, o termo “infraestrutura” possuía um significado bem mais restrito quando surgiu no final do século XIX.

Nativa da França, “infrastructure” originalmente dizia respeito às obras necessárias para a instalação de malha ferroviária, basicamente aterros, túneis, pontes e a camada de substrato sobre a qual se assentam os trilhos (CARSE, 2017, p.27).

No início do século XX, a palavra foi apropriada por engenheiros norte-americanos da área de transportes, que passaram a utilizá-la também no contexto de projetos de navegação e aviação. “Infrastructure” rompeu as comunidades de especialistas ao ser recrutada pela Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) que aproveitou a conotação subierárquica da palavra para se referir a todas as instalações físicas que davam suporte à operação das forças militares transnacionais (Idem, p. 30-31).

Carse relata que este novo uso da palavra foi percebido por muitos como um jargão burocrático pretensioso, impressão que foi se dissipando ao ser capturada também por grandes instituições internacionais dedicadas a programas de desenvolvimento, como o Banco Mundial. Nesta nova aplicação da palavra, “infraestrutura” passou a se referir também a estradas, sistemas de irrigação e instalações do setor elétrico, grandes obras que a ideologia de Bretton Woods⁶ defendia como fundamentais para alavancar a industrialização e o crescimento econômico onde quer que fosse.

Nas décadas seguintes, tornou-se nítido de que as grandes obras de infraestrutura por si só não eram capazes de conduzir os países ao tão almejado desenvolvimento. Ao contrário, em muitos casos as obras de infraestrutura eram conduzidas de maneira autoritária, destruíam paisagens importantes, expulsavam populações tradicionais e não traziam claros benefícios para o povo, mas apenas para a classe dominante local que, em conluio com governos militares corruptos, explorava recursos naturais para exportá-los em estado bruto. Tudo isso feito às custas de dívidas externas cada vez mais expressivas e com pouca transferência

⁶ O Acordo de Bretton Woods foi um acerto feito entre 45 países em julho de 1944 que definia os parâmetros da economia mundial após a Segunda Guerra Mundial. Entre as principais medidas, estavam a indexação das moedas nacionais em dólar e o compromisso do Estados Unidos de garantir a conversão de sua moeda em ouro (lastro).

tecnológica, o que acabava por reforçar a dependência dos países em relação ao estrangeiro.

Por conta disso, o termo infraestrutura passou a ter uma conotação negativa, o que persiste até hoje em alguns setores da sociedade, notadamente o movimento ambientalista.

Cientes da negatividade que se associava à palavra, nos anos 1970 os economistas ligados às instituições internacionais de desenvolvimento econômico mudaram o foco da ajuda financeira dos grandes projetos de construção para programas de alívio da pobreza. A partir de então, o termo infraestrutura passou também a se referir a recursos nos campos da saúde, educação e bem-estar social (Idem, p. 34).

Como podemos perceber, o termo “infraestrutura” é bastante flexível. Neste trabalho, sua conotação se alinha ao entendimento comum atribuído à palavra, podendo ser assumida a definição de Bélanger: “o sistema coletivo de serviços públicos que dá suporte para a economia da nação” (2009, p. 80).

1.3 Críticas à infraestrutura convencional

Parte significativa das alterações realizadas nos assentamentos humanos são aquilo que hoje se convencionou chamar de infraestrutura. Pouco evidente, no entanto, é o fato de que essas infraestruturas quase sempre são os principais marcos e referências da paisagem urbana (e não as praças e parques públicos, que são invenções muito mais recentes). Conforme coloca Strang,

Um exame das cidades pré-industriais mostra que algumas de suas paisagens mais profundas não passavam de sistemas de irrigação, abastecimento doméstico de água, esgoto sanitário e controle de enchentes da época. Essas paisagens permitiram que o funcionamento da natureza fosse revelado no cenário urbano (1996, p. 13. tradução nossa).

Atualmente, parte da infraestrutura está enterrada e só se torna visível quando falha (Graham, 2010, p. 07). Outra parte, como aeroportos, represas, aterros e sistema viário⁷ são dominantes na percepção da paisagem. Entretanto, em ambos os casos, as alterações que causam na base natural⁸ muitas vezes tornam as infraestruturas as principais determinantes das dinâmicas urbanas da água, clima, energia e nutrientes. As forças da natureza são meras coadjuvantes.

Desde os anos 1960 pelo menos, diversos autores têm alertado para os perigos que esse esquema representa. Em termos práticos, a urbanização hegemônica é baseada em três operações básicas: a erradicação da cobertura vegetal, a impermeabilização maciça do solo e a alteração radical das linhas naturais de drenagem. Estas operações urbanísticas desregulam fortemente o balanço hídrico da base natural sobre a qual a cidade se assenta, diminuindo a capacidade que a paisagem tem de evapotranspirar e armazenar a água da chuva, aumentando fortemente o escoamento superficial. Daí decorrem alguns das principais mazelas urbanas como inundação, ilha de calor, deslizamentos, erosão, desertificação, baixíssima biodiversidade, diminuição das recargas dos aquíferos, poluição das águas superficiais e perda de fertilidade do solo. Quase todas elas acarretam prejuízos econômicos, problemas de saúde e riscos de segurança para a população.

Os danos ambientais causados pela urbanização hegemônica apontam diretamente para dois dos cinco conjuntos de fatores⁹ identificados por Diamond (2014) como prováveis responsáveis pelo colapso¹⁰ de sociedades antigas tão diversas quanto a maia, minóica, anasazi, moche, viking, khmer e da Ilha de Páscoa, bem como as contemporâneas Ruanda e Haiti.

⁷ Para Williams, “a característica marcante da paisagem moderna é a predominância de caminhos sobre assentamentos” (1993, p. 381. tradução nossa).

⁸ Outros autores podem utilizar os termos base biofísica ou biogeofísica.

⁹ Os outros fatores são mudança climática, vizinhos hostis e enfraquecimento de parceiros comerciais amistosos (Idem, p. 27-31).

¹⁰ Colapso refere-se “a uma drástica redução da população e/ou complexidade política, econômica e social, numa área considerável, durante um longo tempo” (Diamond, 2014, p. 17).

O primeiro conjunto de fatores¹¹ “envolve os danos que as pessoas inadvertidamente infligem ao meio ambiente”. No caso da urbanização hegemônica, nem sempre inadvertidamente, pois conforme argumenta Bonzi, os impactos ambientais negativos da urbanização são “historicamente apresentados como efeito colateral inevitável e de pouca importância frente aos benefícios trazidos pelo crescimento econômico” (2017, p. 5).

O outro conjunto de fatores que leva as sociedades ao colapso, considerado por Diamond como o mais significativo dos cinco, diz respeito às “respostas da sociedade aos seus problemas ambientais” (2014, p. 27). No caso da urbanização hegemônica, uma das principais respostas para lidar com danos ambientais é a realização de obras de infraestrutura urbana.

Recentemente, no entanto, emergiu a percepção de que as obras de infraestrutura urbana contemporâneas não têm se mostrado capazes de combater os efeitos colaterais da urbanização. Ao invés de constituírem a panaceia propagandeada por engenheiros e políticos em campanha, as maneiras como os serviços de infraestrutura vêm sendo planejados, construídos e geridos fazem com que frequentemente uma infraestrutura combata um problema gerando outro ainda pior ou simplesmente transferindo-o de lugar. Conforme aponta Bonzi, “a infraestrutura tornou-se foco de especulação imobiliária, alvo de barganha política e vetor que produz uma cidade cada vez mais segregacionista e desigual” (2017, p. 07).

A crescente incapacidade da infraestrutura urbana produzir paisagens funcionalmente adequadas e significativas para as pessoas parece estar ligada ao seu progressivo alijamento da esfera pública em prol de sua transformação em megaobra decidida por políticos e pela elite econômica que deve ser planejada, implementada e gerida por especialistas, sobretudo engenheiros. Neste sentido, Bélanger aponta que os modelos fordista de produção e taylorista de administração

¹¹ “Os processos através dos quais as sociedades do passado minaram a si mesmas danificando o meio ambiente dividem-se em oito categorias, cuja importância relativa difere de caso para caso: desmatamento e destruição do habitat, problemas com o solo (erosão, salinização e perda de fertilidade), problemas com o controle da água, sobrepesca, sobreexaustão, efeitos da introdução de outras espécies sobre as espécies nativas e aumento *per capita* do impacto do crescimento demográfico” (Idem, p. 18-19, grifo do autor).

levaram à “subestimação do papel social das infraestruturas urbanas, marginalizando e suprimindo os sistemas vivos e biofísicos (2017, p.430. tradução nossa).

Além disso, a complexidade crescente das cidades e os avanços técnicos têm causado a perda de inteligibilidade da infraestrutura urbana. Já que para o homem comum torna-se difícil intuir o funcionamento de uma infraestrutura, esta tende a ser vista como um corpo estranho na paisagem. Isto se já não estiver enterrada. Observa-se, portanto, que a moderna infraestrutura é cada vez menos, nos termos de Llich, uma técnica convivial que incrementa o campo da autonomia e cada vez mais uma técnica heterônima, que restringe ou suprime a autonomia de seus usuários, subjugando-os (2004 apud Gorz, 2010, p. 11).

Nada mais natural, portanto, que haja grande resistência a muitas das novas obras de infraestrutura, o que no contexto urbano muitas vezes gera antagonismos entre a população de seu entorno e o restante da cidade (que não lida com os ônus das obras, mas apenas com seus benefícios). Para a população vizinha, novas obras de infraestrutura significam a alteração do seu entorno, e como coloca Gorz, “a destruição da *cultura do cotidiano*” (2010, p. 30, grifo do autor). Elas são vítimas daquilo que em economia se denomina externalidade negativa, a “imposição involuntária de custos de uma determinada atividade sobre terceiros, sem que estes tenham a chance de impedir a atividade ou o direito de serem indenizados por quem dela se beneficia” (Bonzi, 2017, p. 05).

Os protestos que emergem frente ao anúncio de novas estações de metrô e condomínios verticalizados, por exemplo, deveriam ser analisados por governantes e imprensa não apenas pelos argumentos técnicos que a população afetada tanto se esforça para apresentar e justificar a sua recusa. O que está realmente em jogo, na maior parte das vezes, é a defesa de seu mundo vivido (Gorz, 2010, p. 31).

A constatação de que tanto a urbanização hegemônica quanto as infraestruturas urbanas convencionais são incapazes de produzir ambientes adequados para as pessoas projeta um futuro bastante duvidoso para a espécie humana já que o mundo está se urbanizando rapidamente.

Em resposta a esse quadro ameaçador, nas últimas duas décadas surgiram uma série de formulações teóricas que criticam as maneiras como a infraestrutura convencional moderna tem sido planejada, projetada e gerida. Infraestrutura Verde, Landscape Urbanism, Large Technological Systems (LTS) e Landscape Infrastructure, entre outras, identificaram na quebra da hegemonia da engenharia e na aproximação com outros campos de conhecimento, notadamente a ecologia, a arquitetura da paisagem e o urbanismo, maneiras de superar os problemas apresentados pela infraestrutura convencional.

A maior parte dessas formulações teóricas também critica o entendimento usual que reduz a paisagem à vegetação, ornamentação e amenidades presentes entre as edificações. Conforme coloca Pellegrino,

ao considerar a infraestrutura formada de vias, canalizações e demais redes que se estendem ao longo do território, elemento que condiciona a sua ocupação, e por consequência, a paisagem resultante, pode-se considerá-la também elemento paisagístico e, portanto, passível de ser tratada por meio de projetos de arquitetura da paisagem (2017, p. xii).

A crítica à infraestrutura convencional e o reposicionamento da paisagem como elemento-chave para analisar e intervir no ambiente urbano evidenciam a dimensão infraestrutural da paisagem.

1.4 Outras possibilidades infraestruturais

Ahern (2010) observa que as infraestruturas convencionais perseguem a eficiência e a otimização, diretrizes herdadas do modernismo e do planejamento industrial (p. 148). O autor explica que a ideia de eficiência implica no entendimento de que é desperdício que dois ou mais elementos executem a mesma função dentro de uma mesma rede de infraestrutura, devendo-se, portanto, eliminar as redundâncias¹² de projeto em nome da eficiência.

¹² “Redundância é definida como múltiplos elementos ou componentes que fornecem as mesmas funções, similares, ou de backup” (Ahern, 2010, p. 148).

Na prática isso significa que se um único componente da rede falhar todo o serviço pode ser atingido, com chances de entrar em colapso no caso de perturbações ou eventos extremos. Já um serviço de infraestrutura que possui componentes diferentes desempenhando a mesma função não é tão seriamente afetado caso um deles falhe porque há outro que pode assumir a mesma função, operando como um *backup*.

Já a otimização torna uma infraestrutura potencialmente vulnerável pois ela implica na suposição de que as mudanças incidentes sobre as infraestruturas são graduais, lineares e acontecem dentro de uma trajetória previsível. A crítica se coloca pois é uma concepção que cria a tendência de se ignorar que mudanças podem ocorrer de forma abrupta ou em escalas maiores ou menores do que a esperada.

Desta maneira, a eficiência e a otimização devem ser repensadas já que diminuem a resiliência¹³ das infraestruturas urbanas.

A articulação dos conceitos redundância e multifuncionalidade permite-nos propor uma diretriz simples para um novo projeto infraestrutural:

“Todo elemento de uma infraestrutura deve desempenhar mais do que uma função e toda funcionalidade deve ser garantida por mais que um elemento”.

É crescente a percepção de que é impossível prever totalmente o que acontecerá com um sistema infraestrutural porque há forças e dinâmicas externas atuando sobre ele que não são de todo conhecidas, sobretudo no que diz respeito ao clima. Reed; Lister lembram que há forças e dinâmicas que estão além do controle dos projetistas porque são influenciadas por escalas muito maiores que a do espaço físico ocupado pelo projeto (2014, p.34).

Neste sentido, as estratégias rígidas de “comando e controle” e de “cima para baixo” devem ser substituídas por “abordagens mais flexíveis e adaptativas para

¹³ Walker; Salt definem resiliência como “a capacidade que um sistema tem de absorver distúrbios e ainda assim manter suas funções básicas e estrutura (2006, p.01, tradução nossa)

manejar as atividades humanas e projetar dentro dos sistemas que nos sustentam” (Idem, p. 28).

Hung também aponta a necessidade de um projeto infraestrutural mais flexível e adaptativo dada a natureza sucessional das infraestruturas atuais, que podem tornar-se rapidamente obsoletas devido a forças econômicas e geopolíticas globais (2011, p. 17). A desindustrialização é uma delas.

Historicamente, as infraestruturas urbanas têm sido planejadas, projetadas e geridas dentro de uma lógica setorial. Ou seja, cada serviço tem sido pensado de maneira independente, em compartimentos estanques, sem articulação e visão de conjunto. Bélanger entende que por isso a infraestrutura convencional tem mostrado uma capacidade bastante limitada para lidar com os desafios complexos da urbanização em massa. Para o autor

a abordagem monofuncional no projeto de infraestruturas tipicamente tem segregado água, lixo, transporte, alimentos e energia em departamentos separados e sem nenhuma relação. Na larga escala, a separação burocrática dos serviços de infraestrutura tem se mostrado custosa e ineficiente. Em longos períodos, isto pode ser perigoso (2009, p.85. tradução nossa).

Embora tenham uma natureza muito próxima, sendo quase sempre estatais e financiadas coletivamente por recursos provenientes de impostos, as infraestruturas urbanas acabam competindo entre si, seja pelo espaço físico necessário para sua instalação, seja pela prioridade de execução ou até pelos mesmos recursos humanos, naturais e financeiros.

Ignora-se que as infraestruturas se assentam sobre a mesma base natural e compartilham os mesmos ciclos de matéria e energia. Conforme observa O’ Connor, “as infraestruturas de abastecimento de água, tratamento de esgoto, hidrelétrico, controle de enchentes e drenagem urbana dependem dos mesmos ciclos de água urbana” (apud SILVA, 2011, p. 92. tradução nossa). A imagem abaixo traz um fluxograma que ilustra como as infraestruturas urbanas dividem o ciclo da água.

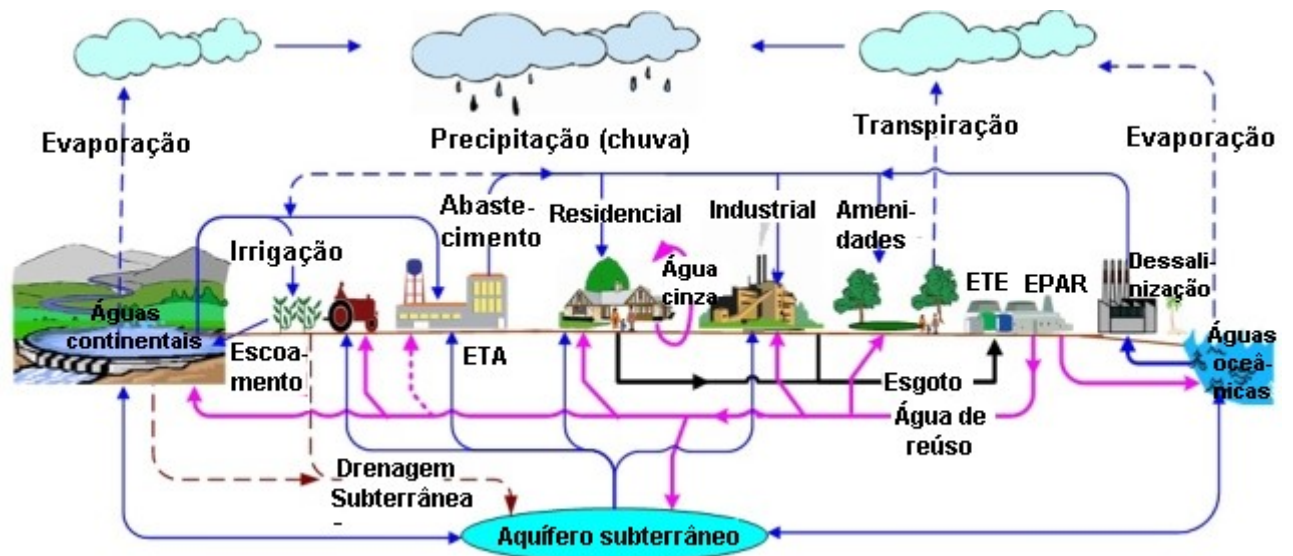


Figura 1 Esquema ilustrativo para ciclo urbano da água. Adaptado pelo autor a partir de <<http://www.recycledwater.com.au/index.php?id=49>>. Acesso em 12 de agosto de 2018.

Toda infraestrutura também gera fluxo artificial de matéria ou de energia que alimenta outras infraestruturas. Desta maneira, a ruptura de uma infraestrutura pode rapidamente causar falhas em cascata em outros sistemas infraestruturais de modo imprevisível, causando problemas que abrangem desde incômodos pontuais para a vida cotidiana dos moradores até o colapso de cidades inteiras (GRAHAM, 2010, p. 18-19).

Tundisi (2003) afirma que os “inúmeros problemas resultantes de uma visão setorial, limitada e de resposta a crises” fomentaram novas visões e paradigmas que deram origem ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos. Para Silva; Porto (2003) a gestão integrada de recursos hídricos tem como principais fundamentos o “uso sustentado dos recursos, a abordagem multisetorial e o emprego de medidas não estruturais, entre as quais se destaca a gestão de demanda”.

Sola identifica alguns princípios práticos para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos. Além da unidade de planejamento ser a bacia hidrográfica, “a descentralização da gestão, o gerenciamento conjunto de qualidade e quantidade de água, a proteção do solo, o gerenciamento de conflitos e a atenção aos usos múltiplos dos recursos hídricos” (2012, p.16).

Abers; Jorge explicam que os principais argumentos a favor da descentralização são a redução de custos, melhor aproveitamento de informações, maior adaptação às necessidades locais e a promoção da democracia já que permite que a sociedade tenha controle de decisões políticas em nível local (2005, p.04).

Em termos de projeto, a harmonização dos diferentes usos da base natural da cidade foi facilitada com a emergência da noção de multifuncionalidade. Esta é uma diretriz projetual que ao combater o caráter monofuncional das infraestruturas convencionais, evita os problemas descritos anteriormente ao mesmo tempo em que cria paisagens urbanas que trazem benefícios relacionados a clima, qualidade do ar, conforto térmico, drenagem, lazer, mobilidade, entre outros.

Podendo ser descrita como a capacidade de algo desempenhar duas ou mais funções simultaneamente, a multifuncionalidade ganhou força no desenho urbano com o crescimento da importância de dois conceitos distintos: serviços ambientais e infraestrutura verde.

O termo “infraestrutura verde” estreia em relatório da Comissão de Greenways da Flórida de 1994, no qual se defendia que os sistemas naturais são componentes de nossa infraestrutura tão ou mais importantes do que a infraestrutura tradicional (FIREHOCK, 2010).

Cormier; Pellegrino (2008) explicam que a infraestrutura verde é “uma maneira de reconhecer e aproveitar os serviços que a natureza pode realizar no ambiente urbano” (p.128). Para Steiner (2016) a infraestrutura verde “oferece uma estratégia pragmática para construir serviços ecossistêmicos em regiões urbanas” (p.145. tradução nossa).

O Conselho de Avaliação Ecológica do Milênio explica que os serviços ambientais dizem respeito “aos benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas”. Também chamados de serviços ambientais¹⁴, basicamente referem-se àqueles processos naturais que são úteis para o ser humano. Por exemplo, o

¹⁴ Há autores que diferenciam serviços ecossistêmicos e serviços ambientais. Os primeiros seriam aqueles desempenhados por áreas naturais enquanto os segundos diriam respeito a áreas criadas ou manejadas pelo homem, como um reflorestamento.

processo de infiltração que acontece no topo de um morro é importante para o homem porque recarrega um manancial utilizado para o abastecimento de água.

O Conselho de Avaliação Ecosistêmica do Milênio (2005, p.95) explica que estes serviços podem ser de abastecimento; de regulação, culturais ou de suporte. O quadro abaixo traz exemplos de cada modalidade¹⁵.

| Serviços de produção (abastecimento) | Serviços de regulação | Serviços culturais |
|--|--|---|
| Alimento Água doce Combustível (lenha) Fibras Bioquímicos Recursos genéticos | Regulação do clima Regulação de doenças Regulação de enchentes Purificação da água Polinização | Estético Inspiração Espiritual Educativo Recreativo Herança cultural |
| Serviços de suporte (apoio) Formação de solo – Ciclagem dos nutrientes – Produção primária | | |

Quadro 2 - Serviços ambientais desempenhados pela natureza. Adaptado do Conselho de Avaliação Ecosistêmica do Milênio, 2005, p. 106.

Valendo-se de tipologias paisagísticas que mimetizam ou adaptam diversos processos naturais como infiltração, percolação armazenamento de água, evapotranspiração, filtragem e escoamento, a Infraestrutura Verde toma partido da base natural da cidade para harmonizar a sua ocupação com os processos e as dinâmicas naturais que ocorrem em seu território e imediações.

A Infraestrutura Verde evidencia e potencializa a dimensão infraestrutural da paisagem ao promover uma série de serviços fundamentais para o bom funcionamento da cidade e o bem-estar humano, como, por exemplo: drenagem, mobilidade, conforto ambiental, limpeza da água, filtragem do ar, fomento de biodiversidade, lazer, entre outras.

¹⁵ A CICES (The Common International Classification of Ecosystem Services) desenvolvida pela Agência Ambiental Européia (EEA) propõe a classificação em três categorias (abastecimento, cultural e regulação/manutenção). A justificativa para a supressão do serviço de suporte (ou apoio) é de que este diz respeito a processos naturais que não são utilizados ou consumidos diretamente pelas pessoas. Segundo o CICES, são “parte das estruturas, processos e funções subjacentes que caracterizam os ecossistemas”. Para mais informações, consultar < <https://cices.eu/cices-structure/>>. Acesso em 29/10/2018.

Para que uma mesma área produza duas ou mais funções simultaneamente, Bonzi informa que na prática projetual

O entrelaçamento de funções é a estratégia de design mais comum para alcançar a multifuncionalidade, como é o caso dos jardins de chuva da cidade de Portland, que, localizados no viário, desempenham simultaneamente funções de microdrenagem, *traffic calming* e embelezamento urbano. Outra estratégia de design é a integração vertical de funções, como, a adoção, por exemplo, de ponte verde (*wildlife crossing*), passarela para vida selvagem localizada sobre uma estrada, (...) ou até mesmo os tetos verdes sobre moradias. Menos usual, o design também pode coordenar temporalmente diferentes funções ou atividades (uma área que funciona como um parque com lago durante a estação seca e como um reservatório d'água durante o período chuvoso, por exemplo) (2017, p. 18-19. grifos do autor).

Autores como Benedict; McMahon (2006), Cormier; Pellegrino (2008), Ahern (2007) E Bonzi (2015) apontam que as “infraestruturas verdes” apresentam vantagens em relação às infraestruturas convencionais. Além de realizarem mais do que uma função em um mesmo espaço, elas não são rejeitadas pela população e, ao contrário da “infraestrutura cinza”, aumentam a performance e o valor com o passar do tempo.

O aumento de performance ao longo do tempo está relacionado às leis da termodinâmica. Bonzi explica que

Sua primeira lei determina que um tipo de energia pode ser transformado em outro. As plantas, por meio da fotossíntese, fazem isso durante o dia, transformando a energia solar em energia química. E é este “pequeno milagre”, que compartilhado via cadeia alimentar, possibilita a vida em nosso planeta e consegue amenizar os efeitos da implacável segunda lei da termodinâmica: a de que a cada transformação de energia, parte da energia inicial se dispersa em formas

irrecuperáveis. Embora geralmente expressa em termos de energia, a entropia também se aplica à matéria. No entanto, é importante observar que, enquanto a energia entra e sai dos ecossistemas o tempo todo (chegando como luz e saindo como calor, por exemplo), a matéria tende a ser retida dentro do ecossistema, conservando-se em níveis constantes através dos processos de ciclagem de nutrientes e de decomposição da matéria orgânica (2013, p.25).

A segunda lei da entropia pressupõe que a entropia do universo é crescente e que tudo que existe evolui de maneira a se degradar. A única maneira de evitar ou refrear essa tendência é por meio de aportes de energia.

No caso da infraestrutura convencional, como esta é projetada como um artefato físico estático, a manutenção de suas funcionalidades depende fortemente de ações capazes de manter seu estado inicial. Os aportes de energia para evitar a desorganização destas infraestruturas provêm de uma combinação entre recursos naturais, combustíveis fósseis e trabalho humano. Os insumos necessários para o bom funcionamento das infraestruturas convencionais tendem a ser cada vez mais frequentes e maiores conforme a trajetória da infraestrutura avança no tempo.

Já as infraestruturas verdes, por serem mais plantadas do que construídas, recebem, via fotossíntese, aportes de energia diariamente, de modo automatizado. Outra diferença em relação às infraestruturas convencionais é que a infraestrutura verde não é concebida de maneira a manter seu estado inicial. Ao contrário, espera-se que suas características físicas e espaciais mudem com o avanço do tempo – em especial, que seus elementos vegetais cresçam e se desenvolvam. Trata-se, portanto, de uma infraestrutura que se torna mais produtiva com o avanço do tempo. Seu desempenho tende a aumentar porque quanto mais cresce a vegetação maior é a quantidade e a qualidade dos serviços ambientais produzidos.

O projeto de infraestrutura verde implica no domínio de diferentes escalas. Para Rouse; Bunster-Ossa (2013) e Benedict; McMahon (2006) as escalas podem ser classificadas em regional, municipal, de vizinhança e lote. Já Firehock (2015) trabalha com as categorias regional, condado, municipal e local e Ahern (2007)

defende três categorias: região ou cidade, distrito ou vizinhança e lote. YU (2006), que também se refere à infraestrutura verde como infraestrutura ecológica e infraestrutura paisagística, adota três níveis:

Na grande escala, a infraestrutura ecológica é representada como uma paisagem regional permanente de prevenção de enchentes, redes ecológicas, corredores de patrimônio histórico e recreacionais, que devem ser planejados para proteção e usados para definir o padrão de crescimento urbano e a forma de cidade. Na escala intermediária, a infraestrutura ecológica regional deve ser integrada à estrutura urbana interior e tornar-se o sistema de espaços verdes urbanos que integra várias funções, como deslocamento, ciclovias, proteção do patrimônio e atividades recreativas. Na pequena escala, a infraestrutura ecológica deve ser usada como estruturante do desenvolvimento urbano e pode ser usada para guiar projetos locais específicos (2006, p. 24).

Bonzi (2017) aponta que “além de multiescalar o projeto de infraestrutura verde também é interescalar, pois, muitas vezes, exige a articulação de entre escalas” (p. 19).

1.5 Métodos para uma nova infraestrutura

Embora seja crescente a aceitação destes novos paradigmas que visam maior integração entre paisagem e infraestrutura urbana, até muito recentemente o único método proposto para sua aplicação era uma leitura simplificada de teorias anteriores.

Em 2006, Benedict;McMahon lançaram o livro “Green infrastructure: linking landscapes and communities”. Neste primeiro livro publicado sobre assunto – e durante alguns anos, o único - infraestrutura verde foi definida como uma rede de espaços verdes interconectados que é planejada e manejada devido aos seus recursos naturais e aos benefícios que proporcionam para as populações humanas (p.03). Esta rede

seria composta de três elementos-chave: hubs, links e sites¹⁶, que se articulam conforme o esquema ilustrado na parte esquerda da figura abaixo.

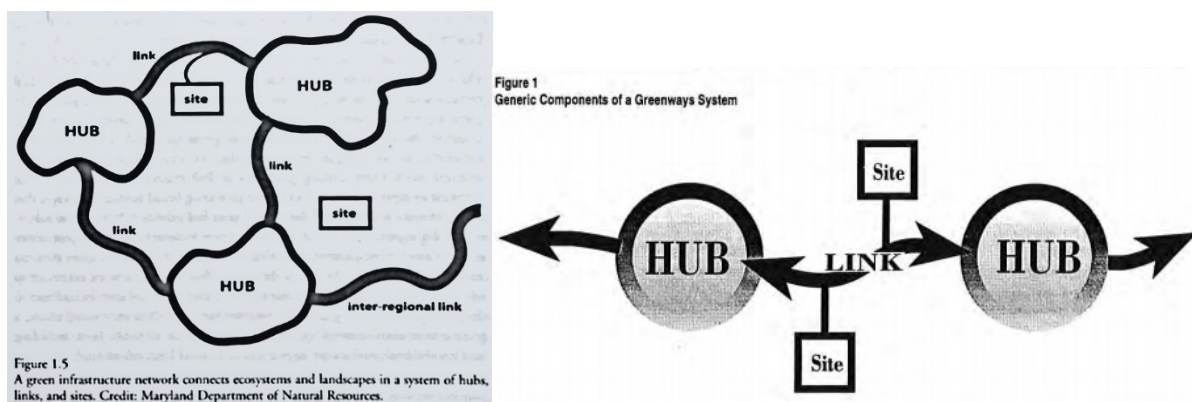


Figura 2 Comparação das ilustrações dos elementos constituintes de uma rede de infraestrutura verde, segundo Benedict; McMahon (2006,p.13), à esquerda, com os de um sistema de corredores verdes segundo a Florida Greenways Comissão (1994, p.09).

Consulta ao relatório da Comissão de Greenways, de 1994, o já citado documento no qual o termo “infraestrutura verde” aparece pela primeira vez, revela a existência do mesmo esquema conceitual só que aí se refere aos componentes de um sistema de corredores verdes, conforme imagem acima, à direita.

Segundo Smith; Hellmund, “o termo corredor verde diz respeito a espaços abertos ou áreas naturais em formato linear” (1993 p.10. tradução nossa). Os autores

¹⁶ De acordo com a obra:

Uma rede de infraestrutura verde conecta ecossistemas e paisagens em um sistema de hubs, links e sites. Hubs ancoram a rede de infraestrutura verde e proporcionam espaço para plantas nativas e comunidades de origem animal, bem como são origem ou destino para a vida selvagem, pessoas e processos ecológicos que se deslocam através do sistema. Hubs podem ter diferentes formas e tamanhos, incluindo grandes reservas e áreas protegidas (...), grandes terras públicas (...) geridas para a extração de recursos (...) ou por seu valor natural ou de lazer; áreas privadas; reservas, parques comunitários e áreas verdes onde os recursos e processos naturais são protegidos e/ou restaurados. Links são as conexões que ligam o sistema. (...) são fundamentais para manter os processos ecológicos vitais e para a saúde e a biodiversidade de populações de animais selvagens. (...) Links da paisagem também podem proporcionar espaço para proteção de locais históricos e oportunidades de recreação. (...) Sites são menores que os hubs e não podem ser ligados a uma comunidade maior, interligada a sistemas regionais de conservação, mas, como os outros componentes de uma rede de infraestrutura verde, podem contribuir com importantes valores ecológicos e sociais, como a proteção do habitat de animais selvagens e proporcionando espaço para recreação e lazer baseado na natureza. (2006, p. 13-14. tradução nossa.)

explicam que essa tipologia paisagística possui uma diversidade de usos, que vão desde o estritamente ecológico, em que um corredor verde serve para que a fauna possa ir de uma área florestal a outra, anteriormente isoladas, até o meramente recreacional.

O relatório da Comissão de Greenways da Flórida parece confuso em relação ao significado de ambos os termos, às vezes dando a entender “greenways” e “green infrastructure” são sinônimos¹⁷ enquanto em outros momentos sugere que greenways são o resultado da conexão de duas “green infrastructures”¹⁸ (neste caso “green infrastructure” é utilizado como sinônimo de área verde ou espaço natural¹⁹). No glossário a conexão é dispensada²⁰.

Como mostra a figura acima, Benedict; McMahon simplesmente substituíram a palavra “greenway” por “green infrastructure”. No entanto, em duas das apenas quatro aparições do verbete “greenway” no livro, que possui trezentas páginas, o termo é usado como exemplo de link, um dos componentes da infraestrutura verde.

Tomando por base o livro de Benedict; McMahon e o relatório da Comissão de Greenways da Flórida, infraestrutura verde pode ser então um sinônimo para corredor verde, uma simples área verde, um dos componentes de um sistema de corredores verdes ou ainda uma rede na qual o corredor verde é apenas um de seus componentes possíveis.

Seja como for, a conectividade emerge desta barafunda como a principal dimensão da infraestrutura verde. O que talvez não fosse um problema se o conceito de

¹⁷ Por exemplo: “The Commission’s mission is to create a system of greenways for Florida, a green infrastructure as carefully planned and as well funded as our built infrastructure” (FLORIDA GREENWAYS COMMISSION et al, 1994, p. 10).

¹⁸ Por exemplo: “Florida has a carefully planned greenways system that interconnects fragmented or isolated elements of our green infrastructure” (FLORIDA GREENWAYS COMMISSION et al, 1994, p. 01).

¹⁹ Por exemplo: “Simple put, the ‘green infrastructure’ is the system of native landscapes and ecosystems that supports native plant and animal species; sustain clean air, water, fisheries, and other natural resources; and maintains the scenic natural beauty that draws people to visit settle in Florida” (FLORIDA GREENWAYS COMMISSION et al, 1994, p. 11).

²⁰ “Green infrastructure: the sum of the public and private conservation lands including native landscapes and ecosystems, greenspaces and waters throughout the state” (FLORIDA GREENWAYS COMMISSION et al, 1994, p. 180).

conectividade não tivesse sido reduzido à ideia de conexão espacial, à continuidade física ininterrupta.

Embora seja uma presença frequente nos planos envolvendo biodiversidade²¹, são frágeis as evidências de que a continuidade espacial seja de fato necessária ou por si só capaz de garantir ou potencializar funções ecossistêmicas e serviços ambientais em projetos e planejamentos com outros focos, tais como drenagem urbana, microclima e abastecimento de água. Sem falar que a conectividade espacial é um tanto subjetiva²².

Outro aspecto problemático de se conferir tamanha importância à continuidade espacial é que ela transforma a infraestrutura verde em uma ideia fora de lugar quando aplicada em áreas densamente urbanizadas. Isto porque nestas áreas, o tecido urbano raramente oferece continuidades espaciais que se desdobrem em conexões realmente funcionais, o que entendemos inviabilizar a aplicação tanto do arranjo hub-link-sites quanto o mosaico matriz-mancha-corredor, que alguns planos tomam emprestado da Ecologia da Paisagem²³. Aliás, Queiroga observa que

com o avanço das ideias da ecologia da paisagem para o meio urbano, vem ganhando força a noção de que só as áreas verdes conectadas entre si ou, no mínimo, aquelas conectadas por vias densamente arborizadas constituiriam sistemas. A valorização dessas “conexões verdes”, por vezes reduzidas à simples arborização de calçadas, se torna elemento focal perseguido para a qualificação do

²¹ Mesmo neste contexto, a funcionalidade de corredores ecológicos é questionada por diversos autores conforme relata Tzoulas et al (2007, p. 170)

²² A análise crítica da ideia de conectividade espacial implica em questões como: árvores que tem suas copas entrelaçadas estão de fato conectadas caso estejam plantadas em canteiros separados, ou seja, sem que o solo seja contínuo entre ambas? Não estariam conectadas espacialmente todas as áreas da cidade assentadas sobre um mesmo lençol freático? Ou para algumas aplicações o ar não providenciaria a conectividade necessária, sendo dispensável a continuidade espacial convencional, no nível da rua? Ainda estamos tratando da conectividade como capacidade de locomoção de uma determinada espécie (qual?) ou é mais uma apropriação metafórica que urbanismo e arquitetura da paisagem fazem do léxico da ecologia-ciência?

²³ A Ecologia da Paisagem estuda os padrões espaciais dos processos ecológicos em várias escalas e seu principal objeto de estudo é a fragmentação de habitats. Segundo esta ciência, a paisagem possui uma estrutura composta de três elementos. A mancha (patch, no original) é a “superfície não linear que difere em aparência de seu entorno” (Forman; Godron, 1986, p 83); a matriz (matrix) é “o mais extenso e conectado tipo de elemento da paisagem, e que portanto desempenha papel dominante no funcionamento da paisagem” (p. 159) e o corredor (corridor) a “faixa estreita de terra que difere da matriz dos dois lados (p. 123).

ambiente urbano, pautando uma série de trabalhos acadêmicos, planos e projetos municipais cuja base teórica é questionável para o meio urbano (2012, p 77-78).

A constatação de que as grandes cidades brasileiras têm um contexto espacial muito diferente do espraiamento norte-americano pós-segunda guerra mundial²⁴, conforme ilustram as fotos aéreas a seguir, levou Bonzi (2015a, 2015b) a procurar um método de planejamento que pudesse ser adaptado à aplicação da infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas.



Figura 3 À esquerda foto aérea de Baltimore e à direita, São Paulo. Fontes: <<http://www.thefifthstateworld.com/editorial/27-govt/138-smart-people-or-smart-cities>> e <<http://www.elist10.com/top-10-highest-populated-cities-world/>>. Acessos em 29/08/2018.

O método escolhido foi o Zoneamento Ambiental, desenvolvido por Schutzer em 2004 a partir de releitura de trabalhos geomorfológicos desenvolvidos pelo eminente geógrafo brasileiro Aziz Ab´Saber a partir dos anos 1950.

Em termos gerais, Schutzer instrumentaliza a análise geomorfológica tripartite²⁵ e a compartimentação do relevo da cidade de São Paulo de Ab´Sáber (ver

²⁴ Bonzi explica que é um “padrão de ocupação caracterizado pela baixa densidade, em que subúrbios tipicamente habitados pela classe média proliferam-se na periferia da cidade, gerando uma paisagem suburbana homogênea e monótona” (2015, p. 24).

²⁵ Os três níveis de análise geomorfológica propostos por Aziz Ab´Sáber (1969) são a compartimentação do relevo, a estrutura superficial da paisagem e a fisiologia da paisagem. A compartimentação do relevo é uma técnica que consiste em diferenciar conjuntos do relevo com base em critérios como forma, processos modeladores ou domínio altimétrico. A estrutura superficial da paisagem é a “epiderme da paisagem”, diz respeito aos solos resultantes de processos cumulativos ocorridos durante o Quaternário (período geológico que abrange os últimos 1.6-1.8 milhões de anos). Já a fisiologia da paisagem estuda como a estrutura superficial da paisagem se comporta atualmente frente à hidrologia, clima, biota e ação do homem.

próxima figura) para extrapolar o seu caráter predominantemente descritivo, e assim identificar valores de uso e de ocupação do relevo para a sociedade, bem como as aptidões e as fragilidades de cada compartimento em responder a variadas funções urbanas. O autor afirma que trata-se de uma abordagem desenvolvida especificamente para ser aplicada em áreas de ocupação mais densa (Schutzer, 2012c, p. 23).

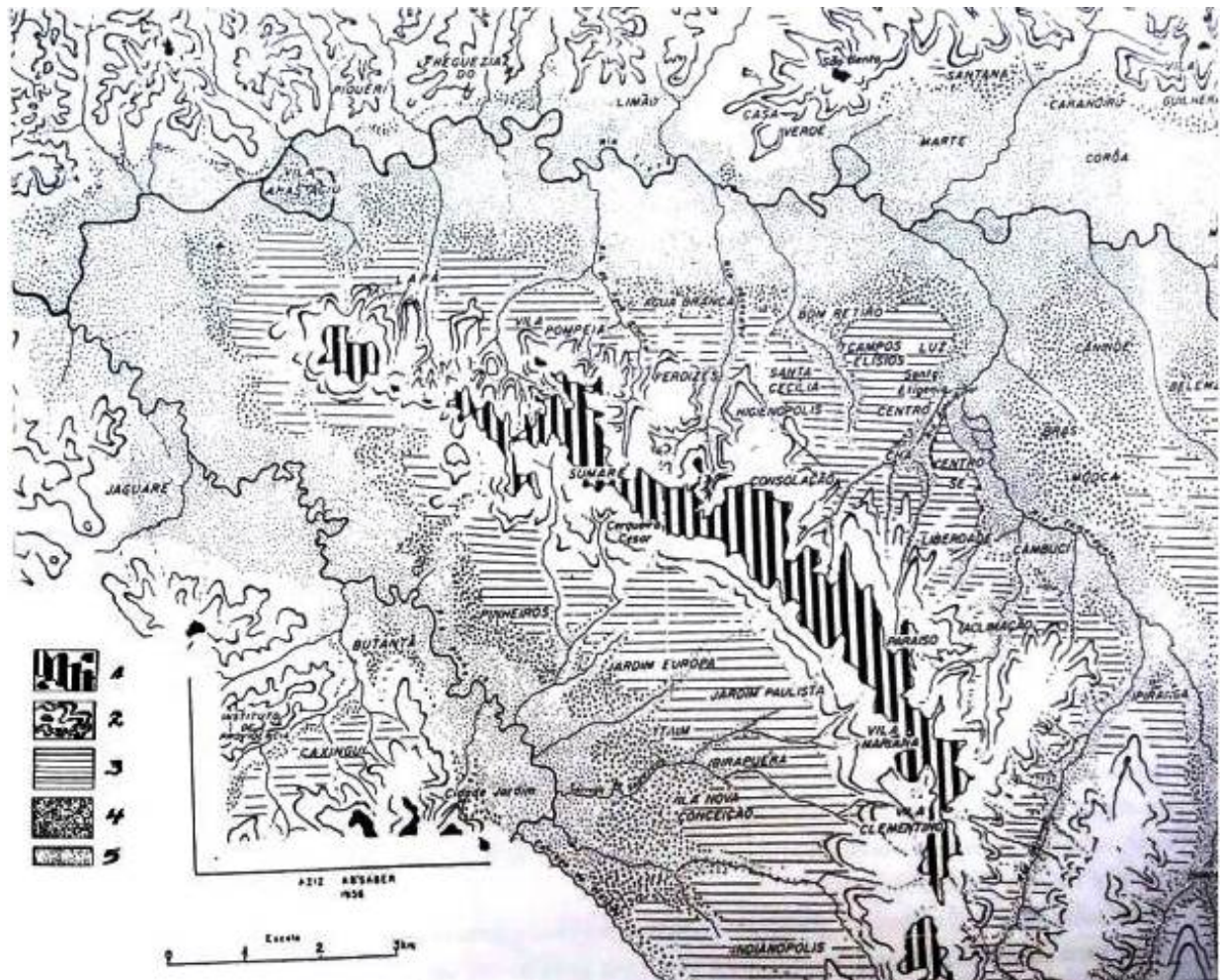


Figura 4 Mapa Geomorfológico esquemático do sítio urbano de São Paulo, de Ab'Sáber (1957).
Legenda: 1- Espigão Central (800-820m); 2-Altas colinas e espigões secundários (750-795m); 3-Terraços fluviais do nível intermediário (745-750m); 4-Baixos terraços fluviais dos vales do Pinheiros, Tietê e seus afluentes principais (725-730m); 5-Planícies dos aluviais do Tietê-Pinheiros e seus afluentes (720-722m).

Schutzer procede ao rearranjo dos elementos topográficos identificados por Ab'Sáber a fim de evidenciar as potencialidades ambientais e urbanas do relevo frente os processos naturais incidentes.

As áreas tabulares favoráveis à ocupação urbana são um compartimento ambiental plano e livre de inundações, favorável à ocupação e onde os processos de infiltração predominam sobre o escoamento superficial. Schutzer (2004, 2012a) recomenda o fomento da permeabilidade para que se garanta a qualidade dos processos naturais de infiltração, percolação e filtragem das águas pluviais. Esses processos são responsáveis pelo reabastecimento do lençol freático e nascentes. O autor recomenda ainda a instalação de reservatórios de retenção de águas pluviais, o sombreamento do solo e o cuidado com a escolha dos materiais construtivos como forma de controlar a emissividade de calor. Quanto ao clima, nas imediações do Espigão Central é mais ameno e são canalizados ventos rumo aos vales dos rios Tietê e Pinheiros. Próximo à várzea do rio Tietê, verifica-se a tendência a um aquecimento diurno mais pronunciado, conforme Armani e Tarifa (2001, p. 40).

A topografia elevada das áreas íngremes confere boa ventilação e microclima ameno. A declividade acentuada deste compartimento faz predominar o escoamento superficial sobre a infiltração e potencializa deslizamentos. Deveria permanecer em estado natural ou densamente arborizada, podendo abrigar praças e parques, desde que feito terraceamento do relevo para controlar o escoamento superficial e facilitar o acesso das pessoas. O combate ao parcelamento do solo, a impermeabilização intensa associada e a construção de reservatórios de retenção temporária²⁶ também são recomendadas por Schutzer (2004, p. 108).

Schutzer considera que os anfiteatros de nascentes são espaços da natureza por excelência e não deveriam ser ocupados, mas podem ser aproveitados como parques e áreas de lazer (Idem, p.108-109). O processo natural predominante neste compartimento é o escoamento superficial, o que desencadeia erosão, deslizamentos e assoreamento dos corpos d'água. O autor recomenda o uso de reservatórios de retenção para o controle do escoamento, especialmente nas áreas ocupadas, e densa arborização para estimular infiltração, percolação e evapotranspiração.

²⁶ A diferença entre reservatório de retenção e de retenção é que o primeiro pressupõe a liberação da água acumulada e por isso também é chamado de retenção temporária.

As planícies aluviais ou várzeas são um compartimento ambiental composto de áreas baixas e planas, com solos permanentemente úmidos e receptor de água e sedimentos dos demais compartimentos, o que faz com que seu manejo dependa do manejo dos demais compartimentos, sobretudo no tocante ao escoamento superficial. Nas planícies aluviais predomina o armazenamento de água sobre os processos de infiltração, que apesar de plana é muito limitada devido à proximidade do lençol freático, prestando-se, segundo o autor, ao represamento artificial, de detenção e de retenção. Neste compartimento, o escoamento superficial está limitado ao escoamento concentrado nos corpos d'água. Schutzer (2004) considera que as várzeas são espaços da natureza por excelência (p.109), mas podem abrigar parques densamente vegetados, lagos e espaços institucionais de múltiplo uso.

A análise de Schutzer demonstra que cada compartimento de relevo apresenta processos naturais predominantes e que o aproveitamento e o manejo destes processos colaboram para a estabilidade da base biofísica da cidade, ofertando uma série de benefícios para a sociedade, tais como água limpa, ar puro e clima agradável, ao mesmo tempo em que são evitados ou minimizados problemas como inundações, ilhas de calor, poluição atmosférica, baixa umidade do ar e deslizamentos de terra, entre outros.

A percepção de que o aproveitamento e o manejo de processos naturais também são objetivos centrais das tipologias paisagísticas propostas por Cormier; Pellegrino (2008) levou Bonzi (2015a, 2015b) a revisar cuidadosamente cada um dos esquemas construtivos associados à infraestrutura verde. O autor identificou os principais processos naturais que cada tipologia paisagística incentiva ou mimetiza, bem como os serviços ambientais relacionados, conforme pode ser visto no quadro a seguir.

| TIPOLOGIA PAISAGÍSTICA | PROCESSO NATURAL INCENTIVADO OU MIMETIZADO | PRINCIPAIS SERVIÇOS AMBIENTAIS DESEMPENHADOS |
|-------------------------------|---|--|
| JARDIM DE CHUVA | <ul style="list-style-type: none"> -infiltração -recarga dos aquíferos -evapotranspiração -filtragem da água -filtragem do ar | <ul style="list-style-type: none"> -manejo do escoamento superficial -aumento da umidade do ar -criação de habitats -limpeza da poluição difusa -melhora na qualidade do ar -aumento da umidade do solo adjacente |
| CANTEIRO PLUVIAL | <ul style="list-style-type: none"> -infiltração ou armazenamento -evapotranspiração -filtragem da água -filtragem do ar -evaporação (somente para versão de armazenamento) -recarga dos aquíferos (na versão com infiltração) | <ul style="list-style-type: none"> -manejo do escoamento superficial -aumento da umidade do ar -criação de habitats -limpeza da poluição difusa -melhora na qualidade do ar -aumento da umidade do solo adjacente |
| BIOVALETA | <ul style="list-style-type: none"> -escoamento das águas -infiltração -filtragem das águas -captura e sedimentação de material carregado pelo escoamento superficial -evapotranspiração -recarga dos aquíferos | <ul style="list-style-type: none"> -manejo do escoamento superficial -limpeza da poluição difusa -conservação das infraestruturas de drenagem -aumento da umidade do ar -conexão de áreas verdes -aumento da umidade do solo adjacente -criação de habitats |
| LAGOA PLUVIAL | <ul style="list-style-type: none"> -armazenamento de água -evaporação -depuração da água captada -recarga dos aquíferos | <ul style="list-style-type: none"> -manejo do escoamento superficial -aumento da umidade do ar -criação de habitats -limpeza da poluição difusa |
| ALAGADO CONSTRUÍDO | <ul style="list-style-type: none"> -armazenamento de água -evaporação -evapotranspiração -filtragem da água -ciclagem de nutrientes -filtragem do ar -recarga dos aquíferos (às vezes) | <ul style="list-style-type: none"> -manejo do escoamento superficial -aumento da umidade do ar -limpeza da poluição difusa -tratamento de efluentes (depende) -melhora na qualidade do ar -criação de habitats -fornecimento de água de reuso (depende) |
| CISTERNA | <ul style="list-style-type: none"> -armazenamento de água | <ul style="list-style-type: none"> -manejo do escoamento superficial -fornecimento de água semi-potável |
| TETO VERDE | <ul style="list-style-type: none"> -infiltração -evapotranspiração -filtragem do ar | <ul style="list-style-type: none"> -manejo do escoamento superficial -aumento da umidade do ar -melhora na qualidade do ar -aumento eficiência energética dos edifícios -aumento da vida útil da impermeabilização -criação de habitats |
| PAVIMENTO DRENANTE | <ul style="list-style-type: none"> -infiltração -recarga dos aquíferos (na versão infiltração) | <ul style="list-style-type: none"> -manejo do escoamento superficial -aumento da umidade do solo adjacente |
| CÓRREGO RENATURALIZADO | <ul style="list-style-type: none"> -recepção do escoamento superficial de águas pluviais -escoamento das águas fluviais -comunicação com aquífero -limpeza das águas -evaporação -evapotranspiração | <ul style="list-style-type: none"> -manejo do escoamento superficial -aumento da condutividade hidráulica do canal -melhora na qualidade da água do córrego -aumento da umidade do ar -aumento da umidade do solo adjacente -criação de habitats -conexão de áreas verdes |
| PARQUE LINEAR | <ul style="list-style-type: none"> -armazenamento -evaporação -evapotranspiração -filtragem da água -filtragem do ar -recarga dos aquíferos | <ul style="list-style-type: none"> -manejo do escoamento superficial e do extravasamento do canal fluvial -aumento da umidade do ar -limpeza da poluição difusa -melhora na qualidade do ar -criação de habitats |
| COBERTURA ARBÓREA | <ul style="list-style-type: none"> -evapotranspiração -filtragem do ar -infiltração -amortecimento da chuva -aeração do solo -ciclagem de nutrientes | <ul style="list-style-type: none"> -aumento da umidade do ar -melhora da qualidade do ar -manejo do escoamento superficial -contenção de taludes -controle de erosão -conforto ambiental -amenização de ruídos -proteção do solo -criação de habitats |

Quadro 3 - Síntese dos principais processos naturais e serviços ambientais de cada tipologia.

Este levantamento permitiu ao autor recomendar a aplicação das tipologias com base na compartimentação ambiental do relevo (ver quadro a seguir), gerando

assim um método²⁷ que permite a espacialização racional das tipologias paisagísticas de infraestrutura verde.

| TIPOLOGIA | ZONA AMBIENTAL | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Áreas tabulares | Áreas íngremes | Nascentes | Várzea |
| <i>Jardim de chuva</i> | XX | - | - | - |
| <i>Canteiro pluvial com infiltração</i> | XX | - | - | - |
| <i>Canteiro pluvial sem infiltração</i> | - | X | X | XX |
| <i>Biovaleta</i> | XX | X | X | X |
| <i>Lagoa pluvial</i> | - | X | X | XX |
| <i>Alagado construído</i> | X ^(s+) | X | X | XX |
| <i>Cisterna</i> | X ^(s+) | X | X | XX |
| <i>Teto verde</i> | X ^(s+) | X | X | X |
| <i>Pavimento drenante</i> | XX | X ^(+e) | X ^(+e) | X ^(+e) |
| <i>Córrego reabilitado</i> | - | - | XX | XX |
| <i>Parque linear</i> | - | - | XX | XX |
| <i>Arborização urbana</i> | X | X | XX | XX |

XX máximo desempenho na aplicação da tipologia, com vistas ao incentivo de processos naturais predominantes na zona ambiental.

X aplicação compatível, mas com menor desempenho. Tipicamente, a tipologia maneja processos naturais predominantes que se mostram incompatíveis com a ocupação consolidada.

X^(s+) aplicação socialmente positiva, mas que não diz respeito ao objetivo coletivo de manter certa estabilidade da base biofísica da cidade. Aplicação indicada para obtenção de serviços ambientais cuja apropriação é majoritariamente privada.

X^(+e) aplicação que demanda mais estudos para verificação de desempenho na zona ambiental indicada.

- aplicação incompatível. Tipologia facilita processos naturais que não são os predominantes na zona ambiental indicada. Desempenho baixo ou nulo, podendo desencadear impactos indesejados.

Quadro 4 - Síntese para aplicação das tipologias paisagísticas de acordo com Zoneamento Ambiental. Fonte: Bonzi (2015b, p. 126).

²⁷ Este método já foi testado em alguns estudos acadêmicos com focos variados tais como: BONZI, R. S.; DE LUCCIA, O.; ALMODOVA, M. M. Infraestrutura verde em área de manancial: um estudo para a represa Billings. **Revista LABVERDE**, v. 8, n. 1, p. 37-63, 2017.
 DE LUCCIA, O. **O desenho dos componentes infraestruturais da orla fluvial urbana**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – FAUUSP. São Paulo, 2018.
 LOTUFO, José Otávio. **Projeto sustentável: resiliência urbana para o Bairro da Pompéia**. 2016. Tese (Doutorado em Projeto de Arquitetura) - FAUUSP, São Paulo, 2016.
 LABVERDE. **Plano de Infraestrutura verde para o Campus Cidade Universitária da USP**. FAUUSP, 2015.
 BONZI, R.S. Os impactos do Plano Diretor Estratégico sobre a resiliência climática de São Paulo. In: FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **São Paulo nas mudanças climáticas: cenários ambientais para a resiliência urbana**. São Paulo, FAPESP, 2019.
 SILVA, Débora Loturco da. **A água e a travessa: um projeto de valorização da água no urbano**. 2017. TFG (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – FAUUSP, 2017.
 MARCHÍ CASTAÑER, Carme. **A paisagem como infraestrutura: desempenho da infraestrutura verde na Bacia do Jaguaré como modelo de intervenção nas paisagens das águas da cidade de São Paulo**. 2018. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente). FAUUSP, 2018.
 PEREIRA, M. C. S.; MARTINS, J. R. S.; MARTINS, R. S. Potencial de aplicação de infraestrutura verde na bacia de drenagem do córrego Belini. **Revista LABVERDE**, v. 9, n. 2, p. 35-60, 2019.

Bonzi pondera que a aplicação da infraestrutura verde tem dois vieses:

Por um lado, sua aplicação incentiva processos naturais cuja manutenção é fundamental para que ocupação humana não antagonize com a conservação da natureza.

No entanto, outra faceta da aplicação da infraestrutura verde tem a ver com processos naturais cuja ocorrência é incompatível com a ocupação humana consolidada de áreas que não deveriam ter sido ocupadas, como várzeas e encostas íngremes. Dentre esses processos naturais, o escoamento superficial desponta absoluto. A aplicação da infraestrutura verde passa a lidar, então, com processos naturais que são potencialmente prejudiciais para as cidades e para as pessoas, ganhando um caráter muito mais de manejo e de restauração ecológica do que de conservação ou preservação dos processos naturais e da biodiversidade existente. Os objetivos da infraestrutura verde passam a ser a produção ou o incremento de serviços ecossistêmicos para combater mazelas da urbanização: poluição do ar e da água, enchentes, perda de habitats e baixa umidade do ar, entre outros. (2015a, p. 121)

Trata-se de colaboração conceitual estratégica já que fortalece o uso das tipologias e estas são um dos aspectos da infraestrutura verde que “parece explicar a sua crescente popularidade entre os interventores da paisagem, seja no âmbito do projeto ou no do planejamento” (Bonzi 2015b, p. 113).

Fortalecer o uso das tipologias também colabora para que a infraestrutura verde se estabeleça como uma tecnologia convivial que aumenta a autonomia das pessoas já que seus esquemas construtivos podem ser facilmente entendidos por leigos.

A aplicação de uma tipologia paisagística no compartimento de relevo mais adequado, contrariamente à sua aplicação baseada em critérios subjetivos, simbólicos ou artísticos, quase sempre dispensa ou reduz a necessidade de obras de engenharia civil (impermeabilização, canalização, contenção de terreno e

escavação profunda), bem como alguns insumos (camada de drenagem, substrato e fertilizantes, por exemplo).

Desta maneira a infraestrutura verde pode apresentar-se também como estratégia para o desenvolvimento econômico já que sua aplicação depende basicamente do uso intensivo de mão de obra, recurso de baixo custo e abundante nos países periféricos do capitalismo global.

2. OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE AS CIDADES E COMO O FENÔMENO TEM ALTERADO O PROJETO E O PLANEJAMENTO DAS INFRAESTRUTURAS URBANAS

Muito rapidamente, as mudanças climáticas²⁸ tornaram-se o principal desafio colocado à civilização do século 21. Projeções do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) informam que até 2100 a temperatura média global aumentará entre 1,4 e 5,8°C. Embora a nova temperatura planetária dependa da capacidade mundial coletiva de se reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE) de origem antropogênica (e de fenômenos naturais pouco entendidos e nem sempre previsíveis), as mudanças climáticas já têm se feito sentir.

Secas, inundações, tornados, furações, tempestades, ondas de calor e de frio, derretimentos de geleiras e até mesmo alterações nos períodos de floração e nos ciclos das culturas agrícolas têm sido atribuídos às mudanças climáticas.

De acordo com estudo divulgado em abril de 2016 pela revista Nature, se o aumento da temperatura for da ordem de 2,5 °C o impacto econômico será equivalente a algo entre 1,8 e 16,9% da economia global²⁹.

Eventos climáticos extremos e recentes em todo o mundo como os furacões Sandy (Nova York) e Katrina (Nova Orleans), estiagens prolongadas em Los Angeles e em São Paulo e ondas de calor na Europa têm evidenciado que o ambiente urbano tal como vem sendo construído não está preparado para lidar com os impactos das mudanças no clima.

Por conta disso, cidades em todo o mundo começaram a discutir medidas para diminuir sua vulnerabilidade frente ao fenômeno.

²⁸ Mudanças climáticas foram definidas tanto pelas Nações Unidas como pela Política Nacional de Mudança no Clima (lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009) como “mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis”.

²⁹ Fonte: <<http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate2972.html>>. Acesso em 12/08/2016.

No Brasil, ao que parece, têm prevalecido fortemente as medidas de cunho não estrutural. Enquanto políticas públicas para diminuir a emissão de carbono e sistemas de monitoramento e alerta de desastres são recomendados por manuais e cartilhas oficiais como “Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às mudanças climáticas – RMSB”, praticamente inexitem análises sobre as medidas estruturais necessárias para que as nossas cidades possam se adaptar e conviver com o fenômeno das mudanças climáticas.

Este capítulo pretende colaborar neste sentido, preenchendo esse lapso teórico conceitual por meio de revisão bibliográfica e estudos de casos internacionais emblemáticos. Elencamos a recuperação de Nova Orleans pós furacão Katrina, o plano de resiliência de Nova Iorque, o novo paradigma de gestão do sistema de diques, dunas e paredões de Rotterdam, o programa federal chinês para inundações urbanas e Thames 2100, planejamento de longo prazo que objetiva deixar Londres segura em relação às marés do Mar do Norte até 2100.

Este capítulo busca entender como as mudanças climáticas impactam as cidades e identificar ideias, estratégias e conceitos potencialmente capazes de lidar com o fenômeno.

As manifestações espaciais e físicas destas ideias e conceitos emergentes aplicáveis ao planejamento urbano serão objeto privilegiado da investigação.

2.1 Cidades sob risco

Os efeitos das mudanças climáticas são mais evidentes nas cidades já que alterações indesejadas desencadeadas pelo fenômeno acontecem em espaços que perderam grande parte da capacidade de lidar com situações adversas e absorver seus impactos.

Por conta disso, a população urbana observa os recém-chegados problemas oriundos das mudanças climáticas – elevação do nível do mar, aumento de temperaturas, precipitações extremas mais frequentes e desertificação - somarem-se a antigos problemas característicos de uma urbanização que desconsiderou a

sua base natural: inundações de rios e córregos, ilhas de calor, deslizamentos de encostas e “crises hídricas”, entre outros.

Ao intensificar a ocorrência de perigos, as “mudanças climáticas podem ser vistas com potencializadoras de situações de risco, uma vez que têm a capacidade de intensificar a ocorrência de doenças tropicais, pobreza e desastres (PBMC, 2014, p. 316).

Nas cidades, esse quadro representará um acréscimo de perdas materiais e de vidas humanas por inundações e deslizamentos de encostas, maior pressão sobre as infraestruturas urbanas, deterioração nas condições de saúde da população devido ao aumento das ondas de calor e a uma provável piora na qualidade do ar e custos crescentes com sistemas de refrigeração e aquecimento nas edificações (WILBY, 2007). Isso tudo acontecendo em cidades cada vez mais populosas e com grande parcela de seus habitantes vivendo de maneira precária.

A intensidade do impacto de um evento relacionado às mudanças climáticas depende não apenas das características físicas do fenômeno climático, mas simultaneamente da vulnerabilidade da população situada na área de ocorrência. Isto é, um evento climático é mais ou menos destrutivo em virtude de sua força intrínseca e devido a características sociais da população atingida, como nível de exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação (SWART; RAES, 2007, p. 290). O quadro abaixo explicita essas relações e a diferença entre risco e vulnerabilidade.

| |
|---|
| $\text{Risco} = \text{probabilidade} \times \text{evento climático} \times \text{vulnerabilidade}$ $\text{Vulnerabilidade} = \text{exposição} \times \text{sensibilidade} / \text{capacidade de adaptação}$ |
|---|

Quadro 5 - Relação e diferença entre risco e vulnerabilidade. Adaptado de Swart; Raes (2007).

De acordo com Young; Nobre (2012, p.56), a vulnerabilidade é determinada por fatores como pobreza, desigualdade social, padrões demográficos, acesso a saúde e moradia. Nas cidades, a vulnerabilidade ainda é influenciada pela qualidade das edificações e das infraestruturas, o que faz com que o planejamento urbano e o uso e ocupação do solo tenham papel importante na redução dos riscos relacionados às mudanças climáticas.

2.2 Adaptar ou mitigar, eis a questão

O encadeamento entre risco e vulnerabilidade evidencia a relação complexa entre as medidas de mitigação e de adaptação. Enquanto a primeira visa reduzir as componentes “probabilidade” e “evento climático”, relacionadas às causas das mudanças climáticas, a segunda atua mais fortemente sobre as consequências ao pretender diminuir a vulnerabilidade aos efeitos adversos das mudanças do clima.

O IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) define mitigação como “intervenção humana para reduzir as fontes ou aumentar os sumidouros de gases de efeito estufa” e adaptação como “ajuste nos sistemas naturais e humanos em resposta a estímulos climáticos atuais ou futuros ou a seus efeitos, que modera danos ou explora oportunidades benéficas (IPCC, 2007, p. 869. tradução nossa.³⁰).

Embora o objetivo principal seja partilhado, reduzir os riscos associados às mudanças climáticas, artigo de Swart; Raes (2007) demonstra que existem profundas diferenças intrínsecas que tornam difícil encontrar um ponto de equilíbrio entre ambas, sendo comum que na prática mitigação e adaptação sejam vistas como estratégias paralelas ou até mesmo mutuamente excludentes.

Segundo os autores, embora existam exceções, as escalas espaciais e temporais não coincidem já que medidas de mitigação visam resolver um problema global a longo prazo enquanto medidas de adaptação intervêm em um problema local a curto prazo (Ibidem, p.290-292). Também há uma clara predileção setorial por uma ou outra estratégia. A mitigação predomina nos setores de energia, transporte, construção civil e indústria enquanto a adaptação é popular no planejamento urbano, recursos hídricos, agricultura, saúde e zonas costeiras.

Do ponto de vista econômico, medidas de mitigação são consideradas altruístas porque seus benefícios vão além da população que fez o investimento enquanto a adaptação geralmente beneficia somente quem a implementou. Por

³⁰ O relatório mais recente do IPCC (2013-2014) não foi citado porque em seu glossário não comparece a definição de “adaptação”. A definição de “mitigação” é a mesma em ambos os documentos.

conta disso, a mitigação costuma exigir mais incentivos do que a adaptação e é vista uma medida menos urgente e não tão legítima politicamente (Idem, p. 292).

Hallegate (2009, p.246) argumenta que as medidas de adaptação às mudanças climáticas interagem com as políticas públicas de mitigação e que conflitos podem acontecer. Um problema comum tem sido o fato de que muitas soluções adaptativas aumentam o consumo de energia e, portanto, incentivam a emissão de gases do efeito estufa³¹. Para evitar ou minimizar os *trade-offs*³², é necessário que soluções de mitigação e de adaptação sejam pensadas de maneira integrada.

Segundo Swart; Raes, planejamento urbano e infraestrutural, gestão de recursos hídricos, uso e ocupação do solo e o setor florestal são as áreas em que podem ser encontradas “opções sinérgicas” que combinam com sucesso medidas para mitigação do efeito estufa, via redução nas emissões de GEE, e iniciativas de adaptação que reduzem a vulnerabilidade:

Adaptação e mitigação da mudança climática podem se unir no planejamento de áreas urbanas, principalmente em locais vulneráveis às mudanças climáticas. O projeto urbano poderia prestar a devida atenção a locais seguros para o clima, características de construção que conservam energia (códigos de construção adaptados) e com pouca demanda de transporte motorizado. Isto limitaria o uso de energia (e as emissões de GEE associadas) e também reduziria a exposição às possíveis consequências negativas das alterações climáticas, por exemplo, em áreas costeiras ou áreas propensas a inundações (2007, p. 297, tradução nossa).

Os autores lembram que mitigação e adaptação dependem de políticas públicas externas às políticas públicas climáticas e que por isso devem ser

³¹ Por exemplo: obras hidráulicas para proteção de zonas costeiras, irrigação de áreas vegetadas e sistemas de refrigeração ou aquecimento prediais.

³² Termo inglês que significa que a escolha de algo implica obrigatoriamente em uma perda.

consideradas em todas as políticas públicas que tratem de desenvolvimento social e econômico (Ibidem, p. 301).

2.3 Planejar e projetar na era da incerteza

Segundo Hallegatte (2009), “as mudanças climáticas representam mais do que apenas mudanças no clima. Para os tomadores de decisão, as mudanças climáticas representam, de maneira mais importante, um aumento dramático nas incertezas” (p. 249, tradução nossa). Os métodos tradicionais baseados em análises estatísticas de variáveis associadas ao clima (como temperatura e pluviometria) e em algoritmos matemáticos para otimização de projeto serão cada vez mais difíceis de serem aplicados. As razões principais para isso são: a velocidade das mudanças, problemas de escala (a escala necessária para a tomada de decisão é diferente daquela que os modelos climáticos conseguem gerar previsões) e a própria natureza do fenômeno, que depende dos níveis futuros de emissão de gases de efeito estufa, algo que não pode ser previsto (p. 241-242).

Ainda que o desencontro entre escalas possa ser contornado com o auxílio de técnicas de “downscaling” (procedimento em que os modelos regionais são calibrados com base no clima atual), Hallegatte (2009) recomenda que, ao invés da tradicional tomada de decisão baseada na melhor escolha para um dado cenário, seja feita uma abordagem baseada em soluções robustas, isto é, na escolha da opção que menos depende das condições climáticas futuras.

Em termos práticos, a autora (p. 244-245) propõe cinco categorias de estratégias adaptativas capazes de gerar soluções robustas que contemplem a incerteza inerente às mudanças climáticas:

- 1) “No regret”. São estratégias que trazem benefícios mesmo que não ocorram as mudanças climáticas que as motivaram. Exemplos: controlar vazamentos de água é quase sempre um investimento com ótima relação custo-benefício, mesmo na ausência das mudanças climáticas. Da mesma maneira, melhorar as regras de insolação e conforto climático para novas edificações e planejamento de uso e ocupação do solo que limite a urbanização em áreas inundáveis.

- 2) Estratégias reversíveis. Preferir uma escolha flexível, que preveja a possibilidade de ser abandonada no futuro caso se mostre desnecessária, é uma maneira de minimizar os custos caso a previsão de mudança climática se mostre equivocada. Um exemplo são as defesas modulares contra o aumento do nível do mar, concebidas para receber acréscimos a baixo custo, caso necessário.
- 3) Margem de segurança. São as estratégias que reduzem a vulnerabilidade sem custo ou com custos muito baixos. Indicadas para as situações em que não é possível utilizar uma estratégia reversível. Basicamente significa que superdimensionar infraestruturas na fase de seu projeto é muito mais barato do que aumentar a sua capacidade depois de instaladas.
- 4) “Soft”. Reconhece que soluções construtivas não são a única maneira de preparar as cidades para as mudanças climáticas. A institucionalização do desafio e ferramentas financeiras também podem ser medidas úteis. Em regiões sujeitas a furacões, a combinação de sistemas de alerta e evacuação com seguros para reconstrução pode ser uma solução mais eficiente do que tentar proteger a população com diques e molhes. Essa estratégia também pode ser considerada reversível já que por não ser construída há a possibilidade de fazer ajustes anuais.
- 5) Redução do horizonte temporal. Reduzir o tempo de vida útil dos investimentos é uma maneira de reduzir as incertezas e os custos correspondentes. Muitas vezes significa preferir compromissos de curto prazo aos de longo prazo. O setor madeireiro já faria uso dessa estratégia ao migrar das espécies convencionais para culturas com menor tempo de rotação. Como estratégia urbana, um exemplo seria construir casas econômicas em áreas que podem se tornar inundáveis com as mudanças climáticas ao invés de fazer investimentos maiores para que as casas resistam a inundações com período de retorno de cem anos.

No mesmo sentido, Ranger et al (2013) afirmam que modelos climáticos possuem limitações provenientes da falta de compreensão de todos os processos envolvidos no clima e também da incapacidade de representar alguns processos em um modelo computacional (p. 236). A representação incorreta desses processos

pode levar a decisões equivocadas, o que no planejamento urbano e no projeto de infraestruturas pode dar origem a investimentos desnecessários ou expor a população a riscos ainda maiores na medida em que gera uma falsa sensação de segurança.

À exemplo de Hallegatte (2009), recomendam estratégias adaptativas baseadas em soluções robustas e afirmam que há quatro maneiras de obtê-las.

Um caminho é a resistência, o que significa se preparar para o pior cenário. É uma abordagem que mesmo assumindo altos custos gera uma solução sujeita a surpresas (RANGER et al, 2013, p.247) porque se baseia em modelos com limitações, conforme discutido anteriormente.

O segundo caminho é a resiliência, estratégia que pressupõe perdas e é mais focada na recuperação do impacto³³.

Outra maneira é a robustez estática, planejamento baseado em cenários que prescreve ações de longo prazo baseadas no atual conhecimento dos processos climáticos. Pode se tornar um problema caso o conhecimento sobre os processos mude de maneira significativa.

O quarto e último caminho seria a robustez dinâmica, estratégia baseada em “ações de curto prazo, reduzindo o risco de forma iterativa e estabelecendo um quadro para orientar ações futuras que promovam a flexibilidade” (p. 248). Pressupõe que o planejamento seja periodicamente revisado para atualização com as informações e conhecimentos mais recentes.

Sobre a flexibilidade Reeder afirma que:

Uma estratégia para lidar com a incerteza profunda em decisões de longo prazo é incorporar flexibilidade em medidas de adaptação desde o início; por exemplo, isto pode ser conseguido através da utilização de medidas que são adequadas a uma vasta gama de climas futuros possíveis (p. e., os sistemas de alerta apresentam benefícios em todos os

³³ A resiliência será detalhada mais adiante.

climas) ou projetando medidas de adaptação que possam ser ajustadas ao longo do tempo (p.e. construindo um quebra-mar com fundações maiores, possibilita que seja elevado no futuro se necessário, em vez de ser substituído) (...).

No entanto, frequentemente incorporar flexibilidade pode significar maiores custos (p.e. as fundações maiores de um quebra-mar) ou ter a produtividade reduzida. Em muitos casos, esse custo é compensado pelos benefícios da flexibilidade. Em alguns casos, essas abordagens para incorporar a flexibilidade não são viáveis (ou não podem resolver todo o problema), devido a custos ou outras restrições. (...)

Nesses casos, uma forma de incorporar a flexibilidade é embuti-la na estratégia de adaptação (ao invés das medidas individuais), encadeando a implementação de diferentes medidas ao longo do tempo, de modo que o sistema se adapte ao clima progressivamente, e as opções são mantidas abertas para lidar com uma série de diferentes climas futuros possíveis (2011, p. 3, Tradução nossa).

Tendo em vista a incerteza a respeito das mudanças climáticas e os potenciais riscos a que uma sociedade é exposta quando medidas são tomadas baseando-se em previsões incorretas, os autores propõem nova abordagem para o planejamento.

Ao invés da abordagem tradicional baseada na primazia da ciência (“science first”, no original), em que o planejamento se inicia com a geração de projeções climáticas, para logo em seguida analisar impactos e só então projetar medidas para minimizá-los, o autor apresenta uma abordagem que inverte essa sequência.

As abordagens que priorizam o contexto (“context-first”, no original) incentivam que o processo comece no “próprio nível problema de adaptação (...), especificando objetivos e restrições, identificando estratégias de adaptação apropriadas e somente então (se necessário) avaliando sua conveniência contra um conjunto detalhado de projeções e outras informações” (Ibidem, p. 4-5).

É uma abordagem que é menos dependente de pesquisa e informações e é focada na identificação da informação mais valiosa logo no início do processo, o que traz agilidade para o processo. Para os autores, a abordagem "contexto-primeiro" encoraja a pensar mais amplamente sobre as interações do problema específico de adaptação com outros riscos e prioridades, levando à busca de estratégias que apresentem cobenefícios com outras áreas políticas.

2.4 Com o que se parece uma cidade preparada para as mudanças climáticas: uma revisão teórica

Calthorpe (2010) argumenta que não basta o urbanismo enfrentar os desafios colocados pelas mudanças climáticas. Deve também, de forma simultânea, dar uma resposta ao esgotamento das reservas de combustíveis fósseis.

Para o autor, cidades compactas, diversificadas e acessíveis a pé são capazes de resolver múltiplos problemas pois são menos dependentes dos combustíveis fósseis, emitem menos gases do efeito estufa, têm custos habitacionais reduzidos e são mais adequadas às necessidades de uma sociedade que está observando o envelhecimento do seu perfil demográfico.

A viabilização desse novo modelo urbano depende não só do urbanismo, mas de mudanças de estilo de vida, medidas de conservação (mistura de eficiência técnica e preservação de recursos naturais) e novas tecnologias de energia limpa (p. 09).

Aparentemente, a forma desta cidade preparada para as mudanças climáticas é a mesma proposta pelo "New Urbanism", movimento de design urbano surgido nos EUA, nos anos 1980, do qual Calthorpe é um dos expoentes. Tratava-se de uma crítica ao movimento moderno e seu objetivo principal à época não era o combate às mudanças climáticas, mas o espraiamento norte-americano pós 2ª Guerra Mundial.

As edificações, ruas e bairros se parecem com a cidade tradicional ocidental, com distâncias entre moradia e trabalho possíveis de serem percorridas a pé, menos dependente do automóvel, pensados na escala humana e com diferentes usos e serviços na mesma área.

A diferença talvez seja a maior ênfase à rede de transporte coletivo regional a fim de garantir o regionalismo, ou seja, a rede de transporte deve criar conexões interdependentes e interconectadas entre lugares, fortalecendo assim o modelo policêntrico ao invés do metropolitano e sua dicotomia centro /subúrbio (Ibidem, p.16).

O “green urbanism” proposto é o “New Urbanism” atualizado tecnicamente com inovações que se consolidaram após o seu advento: as matrizes energéticas limpas e o desenvolvimento urbano orientado para o transporte coletivo (TOD- Transit Oriented Development).

É um modelo urbanístico nitidamente mais orientado à mitigação, que persegue estratégias para que as cidades emitam menos gases de efeito estufa.

Embora Newman; Beatley; Boyer (2009) também vinculem o enfrentamento das mudanças climáticas ao declínio dos combustíveis fósseis (p.07) e estejam conceitualmente alinhados à agenda do “New Urbanism” (p.48), a resposta ao desafio climático evoca um conceito muito caro à ideia de adaptação: a resiliência.

A definição mais aceita de resiliência vai na linha daquela proposta por Walker; Salt: “a capacidade que um sistema tem de absorver distúrbios e ainda assim manter suas funções básicas e estrutura (2006, p.01, tradução nossa).

Os autores, no entanto, propõem uma expansão do conceito. Ao invés de ser definida como a “capacidade da cidade de responder a desastres naturais”, a noção de resiliência inclui a capacidade da cidade de responder à escassez de recursos naturais e reconhece o impacto humano nas mudanças climáticas (2009, p.06).

As cidades resilientes seriam aquelas que reduzem substancialmente a dependência de combustíveis fósseis para níveis economicamente aceitáveis e factíveis e possuem elementos construídos que se adaptam à mudança, como uma diversidade de transporte público, usos do solo e várias fontes de energia renovável que permitem à cidade sobreviver à escassez de recursos.

Tendo em vista que um dos elementos-chave da cidade resiliente é a emissão zero de carbono (Ibidem, p.56)³⁴ entende-se que a definição expandida de resiliência urbana foi uma maneira de incorporar a mitigação na agenda ambiental urbana.

A forma da cidade resiliente que emerge é muito semelhante à visão de Caltorpe (2010), acrescida de uma possível ruralização de áreas periurbanas a fim de que seja minimizado o conflito entre as necessidades de adensamento e de áreas verdes para a obtenção de serviços ambientais. Esses cinturões verdes abrigariam agricultura, ecovilas e instalações de energia renovável e de reciclagem de resíduos.

Abordagem completamente diferente à de Caltorpe e à de Newman, Beatley e Boyer é a dos defensores do “pequeno ciclo da água”, entendido como a “circulação fechada na qual a água evaporada em terra cai sob a forma de precipitação sobre este mesmo ambiente terrestre” (KRAVČÍK et al, 2007, p. 17, tradução nossa).

Este novo paradigma critica a abordagem hegemônica baseada no que chama de “fascinação” com os níveis de CO₂ (Ibidem, p.66) e aponta que a aceleração do escoamento superficial, a redução da infiltração e a diminuição da cobertura vegetal têm diminuído a quantidade de água presente no pequeno ciclo, levando ao aquecimento da superfície e a alterações microclimáticas que estão associadas às mudanças no clima e à maior incidência de eventos extremos (Ibidem, p.49).

De acordo com os autores, enfrentar as mudanças climáticas passa pela restauração do pequeno ciclo da água nas bacias hidrográficas urbanas e rurais onde o balanço hídrico foi desestabilizado (Ibidem, p.69).

Em termos práticos, trata-se de saturar o solo com a água da chuva por medidas já bastante conhecidas nas áreas de controle de erosão (por exemplo, terraceamento e plantio de encostas), drenagem urbana (depressões vegetadas para infiltrar e evaporar a água da chuva e limitação de áreas impermeáveis, por

³⁴ Outros elementos-chave são: energia renovável, descentralização, infraestrutura verde, ecoeficiência (metabolismo circular), economia baseada no lugar e transporte coletivo sustentável (Newman; Beatley; Boyer 2009, p.56).

exemplo) e engenharia hidráulica (meandrização de canais e represamentos, entre outros).

Embora recente o paradigma “pequeno ciclo da água” está ganhando força, tendo sido adotado por Berlin em 2010, quando o Departamento de Desenvolvimento Urbano lançou “Rainwater Management Concepts”, manual com diretrizes para o planejamento, construção e manutenção de edificações (SENSTADT, 2010).

2.5 Com o que se parece uma cidade preparada para as mudanças climáticas: cinco estudos de caso

2.5.1 Room for the River (Países Baixos)

Os Países Baixos possuem 27% de sua área e 60% de sua população localizados abaixo do nível do mar. Até muito recentemente uma tradição de 800 anos determinava a construção de diques cada vez mais altos para produzir solo onde originalmente era domínio das águas e assim viabilizar o crescimento econômico e demográfico do país.

O aumento previsto das precipitações em decorrência das mudanças climáticas (REIMERINK, 2015) e as evacuações emergenciais causadas pelas inundações de 1993 e 1995, que atingiram 250 mil pessoas e 1 milhão de cabeças de gado, levaram o governo a repensar o manejo de suas águas.

Em 2007, foi lançado o programa “Room for the River”, composto de dois objetivos principais: aumentar a segurança contra inundações de áreas lindeiras aos rios Reno e Meuse por meio de aumento das capacidades de vazão e melhorias da qualidade espacial das suas margens (ZEVENBERGEN et al, 2013, p. 24). O programa foi completado em 2015 e custou 2,3 bilhões de euros.

Warner et al (2013) apud Schasfoort et al (2014) descrevem a mudança de paradigma como o “deslocamento simultâneo das defesas verticais de inundação para a expansão horizontal dos rios e da gestão vertical, de cima para baixo, para maneiras mais igualitárias de governança de múltiplos atores” (tradução nossa).

Em termos de intervenção física, foram tomadas medidas como rebaixamento de molhes; dragagem e escavação de leito; remoção de obstáculos nas margens; rebaixamento de parte da planície de inundação; deslocamento de dique para longe do rio; criação de canais que possam desviar parte do volume fluvial quando necessário (bypass) e planejamento de uso e ocupação do solo para evitar o aumento da exposição a inundações (SCHASFOORT et al, 2014).

A figura abaixo esquematiza algumas das medidas adotadas pelo programa.

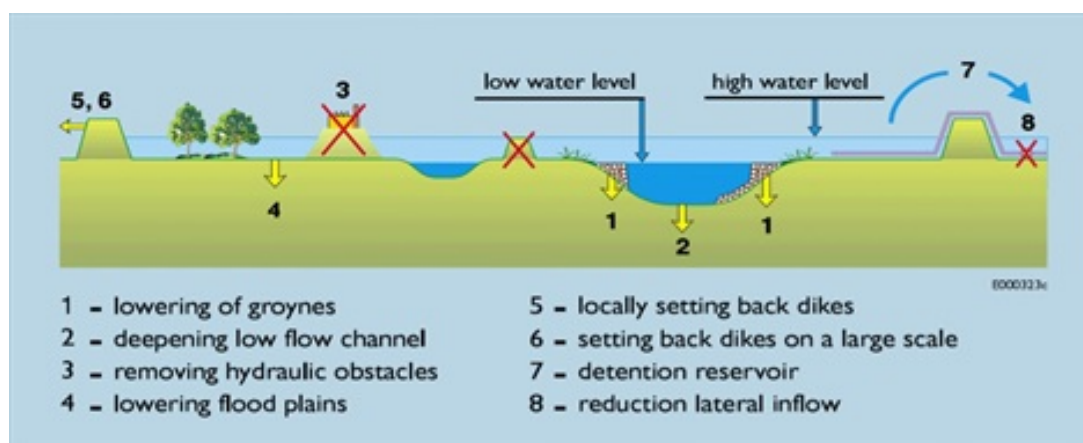


Figura 6 Medidas principais do programa "Room for the river". Fonte: SCHASFOORT et al (2014).

Foram mais 30 intervenções realizadas. A etapa mais complexa do programa foi na cidade de Nijmegen onde foram feitas duas grandes operações para melhorar a capacidade hidráulica do rio Waal e sua relação com a cidade.

Protegida por um sistema de diques, a área estava sob constante ameaça de enchente e chegou a ser evacuada em 1995. Tendo em vista que os modelos climáticos preveem aumento no volume das precipitações, o plano consistiu em retroceder o dique de Lent em 350 metros e criar um canal meândrico com 200 metros de largura e 10 metros de profundidade para servir de bypass para o rio Waal.

Foram removidas 50 casas e a nova configuração espacial deu origem a uma planície de inundação mais ampla e uma ilha, como pode ser visto na figura abaixo.



Figura 7 Nijmegen: antes e depois da intervenção. Fonte: SCHASFOORT et al (2014).

Metade da área da nova ilha foi transformada em um grande parque. Na outra metade estuda-se a criação de um bairro com capacidade para 12 mil pessoas. Do ponto de vista hidráulico, o nível do rio Wall diminuiu 35cm.

Cidades como Boston, Nova Iorque, Londres, Norfolk e Nova Orleans são algumas das que assumidamente se inspiraram em “Room for the river” para elaborar seus próprios planos de combate às mudanças climáticas. Vale destacar a ausência de medidas de retenção hidráulica no programa, o que é algo surpreendente já que intervenções como alagados construídos, lagos e parques lineares são medidas populares em projetos contemporâneos de manejo das águas urbanas.

Schasfoort et al (2014) explicam que isso se deve à sua rejeição pública e à incapacidade de atender os altos níveis de proteção praticados nos Países Baixos. Segundo ele, medidas de retenção são indicadas para enchentes com período de retorno³⁵ entre 10 e 100 anos enquanto os padrões legais do país variam de 1.250 a 10.000 anos³⁶, dependendo da localidade.

2.5.2 Sponge City (China)

Em dezembro de 2013, o governo chinês lançou o programa federal “Sponge City”. Seu objetivo principal é lidar com o incremento nos episódios de inundações

³⁵ Período de retorno é um intervalo de tempo estimado para a ocorrência de um evento. Na hidrologia, a maior pluviometria esperada neste período determina a vazão máxima de projeto. Por exemplo, um projeto com período de retorno de 100 anos significa que é capaz de suportar a maior pluviosidade esperada neste intervalo de tempo.

³⁶ Nos países baixos, discute-se projeto de lei para aumentar o nível de segurança para 100.000 anos.

decorrentes tanto da rápida urbanização do país quanto das mudanças climáticas que estão elevando os índices pluviométricos no verão. O título do programa descreve, por meio de uma analogia, a maneira como as “cidades-esponja” respondem às mudanças no ambiente. Como uma esponja, “absorvem, armazenam, permeiam a água da chuva, e são capazes de fazer uso da água estocada quando é necessário” (SHAO et al, 2016, p. 780)

Inicialmente foram selecionadas 16 cidades. Fortemente apoiado pelo presidente Xi Jinping, o programa é uma parceria entre as esferas federal e local, com participação do setor privado. O prazo para execução é relativamente curto: 20% das cidades selecionadas devem estar prontas até 2020 e 80% até 2030. O governo chinês investiu entre 400 e 600 milhões de yuan (58 a 87 milhões de dólares) em cada cidade, durante os três primeiros anos (LI et al, 2016, p.06).



Figura 8 Cartaz de divulgação do programa Sponge City. Fonte: <<https://waterbucket.ca/rm/2017/08/20/sponge-city-solutions-for-chinas-thirsty-and-flooded-cities>>. Acesso em: 29/08/2019.

O programa visa conciliar a expansão da infraestrutura convencional de drenagem com sistemas de armazenamento para grandes volumes de escoamento superficial e técnicas de drenagem naturalizadas desenvolvidas em outros países como o LID (Low Impact Development) norte-americano, o WSUD (Water Sensitive Urban Design) australiano e o SuDS (Sustainable Drainage Systems) inglês. Dada a

relativa escassez hídrica quando comparada com outros países (LEACH, 2016), o programa estabeleceu que 70% da água da chuva deve ser absorvida e reusada. A figura anterior explicita algumas destas estratégias.

Li et al (2016) analisaram em detalhes as ações do programa Sponge City nas cidades de Jinan e Baicheng. A primeira está localizada na província de Shandong, no leste da China. Possui uma área de 8177km² e população aproximada de 7 milhões. É uma cidade conhecida pelo grande número de fontes e por episódios de poluição do ar tão severos que têm repercussão internacional.

Os problemas identificados em Jinan foram a diminuição nas vazões das nascentes que abastecem as fontes turísticas e os reservatórios de abastecimento devido à impermeabilização do solo que impede a infiltração da água da chuva e consequente recarga dos aquíferos; inundações no sul da cidade devido ao escoamento superficial rápido (flash flood) gerado no relevo íngreme da zona norte da cidade; drenagem concentrada em apenas um grande rio (Xiaoqing) e poluição dos corpos d'água pela poluição difusa carregada pelo escoamento superficial da água da chuva e pelo sistema combinado de drenagem e de esgotamento sanitário, que extravasa durante chuvas intensas (Ibidem, p. 7-8).

A resposta do programa para esses problemas foca no armazenamento e na infiltração da água da chuva e apresenta quatro diretrizes principais: melhorias no sistema de drenagem, dragagem do leito do rio Xiaoqing para aumentar a capacidade de manejar o aumento no escoamento superficial e inundações, uso de técnicas do LID de infiltração da água da chuva para recarga dos aquíferos e limpeza de corpos d'água muito poluídos (Ibidem, p. 8-9).

Já Baicheng é uma cidade habitada por cerca de 317 mil pessoas distribuídas em 25683km², na província de Jilin, no nordeste da China. Os problemas identificados foram a obsolescência da drenagem, ligações clandestinas de esgoto, piora crescente na qualidade da água dos rios urbanos (devido à poluição difusa trazida pelo escoamento da água da chuva e à precariedade do tratamento de esgoto) e metade da disponibilidade hídrica nacional com tendência de piora devido à recente redução nos índices pluviométricos e à construção de barragens à montante (Ibidem, p. 10).

Baicheng tem características que dificultam a aplicação de tecnologias naturalizadas: solos muito alcalinos, temperaturas congelantes que geram instabilidade do solo (tornando-o sujeito a solapamentos e recalques de fundação) e uso de sais para descongelamento da neve, o que pode matar a vegetação utilizada nos sistemas LID, além de contaminar os aquíferos.

Em compensação, a cidade possui alagados e lagoas que se restauradas podem armazenar e depurar o escoamento superficial e infiltrá-lo para fazer a recarga dos aquíferos. Para isso, o programa prevê o uso do LID para interceptar e tratar localmente a poluição associada ao escoamento superficial. Problemas decorrentes do uso de sal e do congelamento do solo serão atenuados com adaptações no sistema viário: a base da pavimentação terá espessura aumentada e juntas de dilatação para diminuir os impactos dos recalques do solo. A neve derretida será conduzida para sistemas LID vegetados com espécies resistentes à salinidade. Posteriormente a água será escoada por gravidade para áreas alcalinas onde o processo de infiltração e lixiviação colaborarão com a diminuição da alcalinidade do solo.

Entre 2011 e 2015 foram feitos canais interligando 25 reservatórios e 160 lagos, o que aumentou em um milhão m² a área aquática da cidade e em 3,29 bilhões de m³ sua capacidade de armazenamento (Ibidem, p.11). Nas áreas mais antigas da cidade, o programa irá focar no combate a ligações clandestinas de esgoto, em melhoramentos da rede de drenagem existente e na construção de estações de tratamento de esgoto enquanto nas novas urbanizações haverá maior integração dos sistemas convencionais de drenagem com técnicas de infraestrutura verde.

Shepard (2016) informa que o Ministério da Habitação e Desenvolvimento Urbano e Rural chinês testou o desempenho de alguns projetos desenvolvidos na fase inicial do programa e concluiu que as intervenções conseguiram controlar 85% do escoamento superficial e tiveram impacto também sobre as ilhas de calor, resfriando a temperatura do ar em 2 ou 3 °C.

2.5.3 A stronger, more resilient New York/Rebuild by Design (Nova York)

O primeiro planejamento nova-iorquino para enfrentar as mudanças climáticas data de 2007. “Climate Change Adaptation Task Force” foi uma das 127 iniciativas propostas por ‘A Greener, Greater New York’, plano de longo prazo que visava aumentar a sustentabilidade da cidade. Na mesma época foi criado um painel local das mudanças climáticas.

Nova York é uma das primeiras cidades a perceber que não bastava mitigar os efeitos das mudanças climáticas por meio do controle de emissões de GEE. Embora tenha estabelecido metas de redução³⁷, a administração do prefeito Michael R. Bloomberg assumiu que era inevitável que alguns impactos das mudanças climáticas ocorressem e por isso a cidade deveria se adaptar ao aumento das ondas de calor, a secas e precipitações extremas mais frequentes, e às inundações decorrentes de um aumento do nível do mar de 30 a 60 cm até 2080 (LOFTUS, 2011, p.02).

As primeiras medidas da força tarefa foram a criação de inventário das infraestruturas sob risco, elaboração de diretrizes para projetos de novas infraestruturas, atualização do código de obras e desenvolvimento de planos de adaptação baseados nas projeções climáticas ajustadas à escala local.

Ações práticas como a reconstituição de dunas e de praias em Rockway Beach e em Plumb Beach e as “greenstreets”³⁸ do Queens são consideradas como responsáveis por terem minimizado localmente os impactos do furacão Sandy, que tocou o solo em outubro de 2012 (CITY OF NEW YORK, 2014, p. 194-195). Ainda assim, segundo dados oficiais, 43 pessoas morreram, 800 edificações foram

³⁷ A meta estabelecida para 2030 é 30%, em relação aos níveis de 2005 (CITY OF NEW YORK, 2007, p. 135). Na atualização do plano de 2011 há uma meta complementar, de 80%, a ser atingida em 2050 (CITY OF NEW YORK, 2011, p 155). Em 2014, a nova administração subiu a meta de 2030 para 40%, batizando-as de “40x30” (Ver: <<http://www1.nyc.gov/site/sustainability/codes/80x50.page>>. Acesso em 29 /04 /2017. No entanto essa meta não aparece no plano seguinte, “One New York: The Plan for a Strong and Just City” (CITY OF NEW YORK, 2015). Neste documento é informado que a cidade já reduziu suas emissões em 19% (Ibidem, p. 166). O plano dá destaque para a meta de 2050, “80x50”.

³⁸ Greenstreets é um programa governamental criado em 1996 para amortecimento do tráfego (traffic calming) e embelezamento urbano por meio do plantio de vegetação em áreas pavimentadas, calçadas, canteiros centrais e vagas ociosas de estacionamento. Em 2010, seu conceito foi expandido pelo “NYC Green Infrastructure Plan” para que as “greenstreets” desempenhasse também funções de drenagem urbana naturalizada por meio de tipologias paisagísticas como jardins de chuva e biovaletas.

destruídas, dois milhões de pessoas ficaram sem luz, gás e transporte, totalizando 19 bilhões em prejuízo financeiro.

Poucas semanas depois, em dezembro, uma comissão especial foi criada para reavaliar os planejamentos vigentes relativos às mudanças climáticas. O esforço culminou no lançamento de “PlaNYC - A Stronger, More Resilient New York”, em junho de 2013. O plano apresenta 257 iniciativas, divididas em três grandes eixos: aprimoramento dos dados climáticos, melhoramento das infraestruturas e do ambiente construído, e reconstrução das comunidades atingidas pelo furacão Sandy.

O documento define estratégias para os setores de defesa costeira, edificações, combustíveis, energia, saúde, telecomunicações, transporte, áreas verdes, abastecimento de água e esgotamento sanitário e “outras redes” (abastecimento alimentar e resíduos sólidos). Estabelece os locais e a quem cabe a sua implementação, recomendando concursos públicos para projetos específicos.

Ainda em junho de 2013, foi o Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano lançou o concurso público bilionário “Rebuild by Design” para intervenções capazes de promover resiliência nas regiões mais afetadas pelo furacão Sandy.

Cerca de 150 equipes de 15 países responderam ao chamado. Em agosto, foram selecionados dez times, que passaram três meses em viagens de campo para conhecer as comunidades afetadas e os tomadores de decisão envolvidos. Cada equipe foi obrigada a apresentar cinco propostas. Em junho de 2014 foram selecionadas sete propostas vencedoras.

“Living Breakwaters” é um projeto desenvolvido pelo escritório nova-iorquino Scape para o sul de Staten Island. Trata-se de um conjunto multifuncional de quebra-mares localizados na baía Raritan para dissipar a energia das ondas (enfraquecendo inundações, erosão e intempéries vindas do mar) ao mesmo tempo em que estabelece habitats para a vida marinha e cria espaços para uma série de atividades como estações para observação de pássaros, ancoramento de caiaques,

trilha de mergulho, coleta de ostras e ponto avançado para pesca. Ver figura a seguir.

A longo prazo, a intervenção deve aumentar a largura da praia já que a diminuição da força das ondas incentiva a sedimentação na costa. A proposta se ancorou no tripé “redução de risco”, cultura e ecologia³⁹.

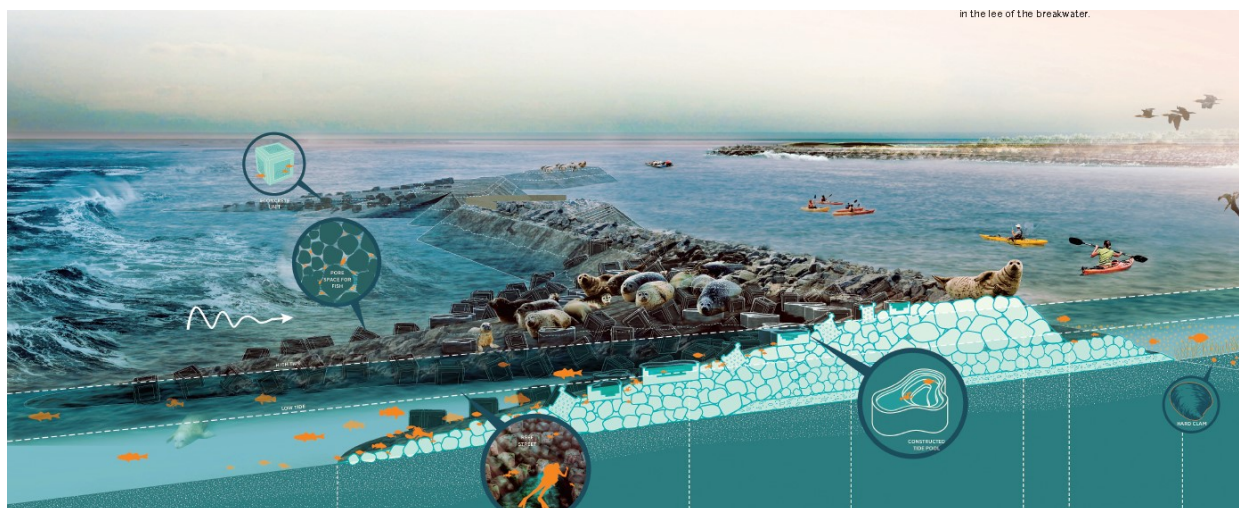


Figura 9 Corte transversal ilustrando como a proposta “Living Breakwaters” pode reduzir a força das ondas enquanto aumenta a biodiversidade e cria espaços para a população. Fonte: REBUILD BY DESIGN, 2015, p. 186.

O time liderado pelo dinamarquês Bjarke Ingels estudou como a área bastante vulnerável do sul de Manhattan poderia ser protegida de inundações sem a criação de um paredão costeiro que separasse a cidade de suas águas⁴⁰.

A solução sugerida foi “Big U”, um cinturão de 16km composto de equipamentos feitos sob medida para as comunidades de três orlas contíguas, mas espacialmente separadas: Battery Park, Two Bridges e East River Park.

O ponto de partida do projeto foi a criação de tipologias capazes de conciliar as funções sociais e antiinche, como pode ser visto na figura abaixo. Com base em conversas com a população do entorno as tipologias foram especializadas

³⁹ Para mais informações consultar o livro digital “Rebuild by Design”, (REBUILD BY DESIGN, 2015, p. 178-193). Disponível em < <http://www.rebuildbydesign.org/data/files/502.pdf>>. Acesso em 29 /04 /2017.

⁴⁰ Manhattan está banhada à leste pelo estreito East River, à oeste pelo rio Hudson, que se encontram no extremo sul da ilha, alimentando a parte norte da baía de Nova Iorque, conhecida como Upper Bay.

criando espaços que vão desde pista de skate e rua convertida em área verde elevada até um aquário marinho.

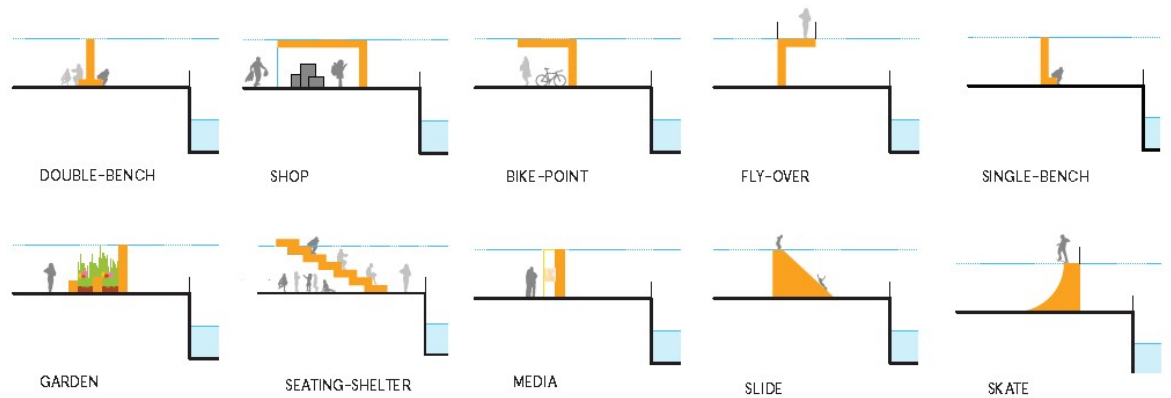


Figura 10 Tipologias que conciliam fins e demandas sociais com a função antienchente. Fonte: REBUILD BY DESIGN, p. 69, 2015

Entre as intervenções previstas se destacou a cobertura proposta para a Montgomery St., em frente ao Pier 36. Ela é composta de painéis móveis decorados por artistas locais que em caso de enchente são abaixados formando um muro.

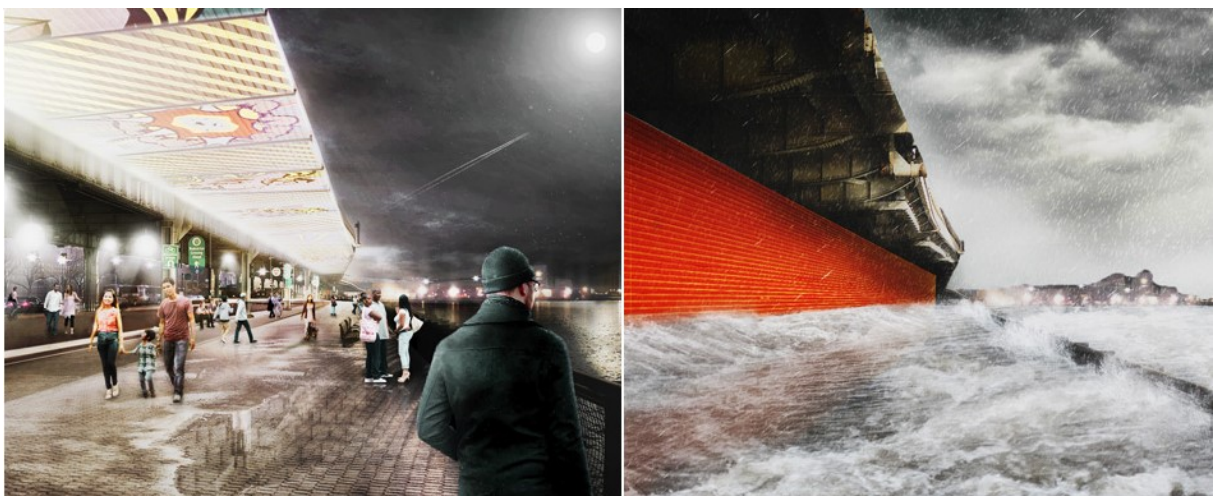


Figura 11 Proposta “Big U” prevê cobertura em frente ao Pier 36 que pode ser convertida em muro antienchente. Fonte: REBUILD BY DESIGN, p. 77, 2015

O projeto ganhou o apelido de filho ilegítimo de Robert Moses com Jane Jacobs já que se trata de intervenção de larga escala, bem ao gosto do poderoso planejador urbano, embasada em amplo diálogo com a comunidade, como defendido pela jornalista e ativista.

Em 2015 o sucessor de Bloomberg, o democrata Bill de Blasio, lançou o plano “One New York: The Plan for a Strong and Just City”. Apesar de ser um crítico da

administração anterior, que era do partido republicano, o novo prefeito manteve suas políticas em relação às mudanças climáticas (MURPHY, 2015). Resta saber como a cidade será impactada pela mudança da administração federal já que o presidente Trump é um negacionista das mudanças climáticas e revogou as regulações do setor.

2.5.4 TE 2100 (Londres)

Em 2012, após uma década de estudos e consultas públicas, a agência ambiental britânica lançou “Thames Estuary 2100 Project”, plano para aquela que é considerada a área do Reino Unido com maior probabilidade de inundações catastróficas no futuro: o estuário do rio Tâmsa, em Londres.

A capital inglesa possui baixa altitude e por isso desde 1982 conta com uma das maiores infraestruturas anti-inundação do mundo, a Thames Barrier. Trata-se de um conjunto de comportas móveis, totalizando meio quilômetro de extensão, originalmente concebido para proteger a cidade de tempestades provenientes do mar do Norte, fenômeno em que o nível das marés pode aumentar em até três metros. A foto abaixo mostra a estrutura parcialmente aberta.



Figura 12 Na imagem, nem todas as comportas da Thames Barrier estão abertas. Fonte: BBC.

Entre 1983 e 2014 a barreira foi acionada 137 vezes, 89 das quais por conta de aumentos da maré e 48 devido ao aumento do nível do rio decorrente de chuvas

intensas⁴¹. A Thames Barrier faz parte de um sistema maior, composto de outras oito barragens, 330km de paredões e aterros. O período de retorno do projeto é 1000 anos.

Apesar da aparente segurança transmitida pelos números, é provável que sua capacidade de minimizar os riscos esteja decaindo progressivamente já que modelos computacionais preveem que as mudanças climáticas irão aumentar o nível das águas estuarinas entre 20 e 90cm ao longo deste século. Se considerado o derretimento das geleiras, variável normalmente ausente nas simulações devido às grandes incertezas sobre o fenômeno, a elevação poderá chegar a 2 metros. Modelos projetam ainda que em 2080 o pico de vazão do rio Tâmis poderá aumentar em até 40%.

Uma vez que sua vida útil está terminando (previsto originalmente para 2030), o foco do TE2100 foi definir uma estratégia para modernizar ou substituir a Thames Barrier, ao custo estimado de £1.6 bilhão ou £5.3 respectivamente. Foi acordado que o plano deveria ser ambientalmente sustentável, economicamente justificável, tecnicamente viável, aberto a mudanças e aceitável social e politicamente (ENVIRONMENTAL AGENCY, 2012, p.29).

A agência ambiental britânica concluiu que há quatro opções possíveis para que Londres fique livre de inundações até 2100: melhorar as defesas atuais, armazenar as cheias das marés, construir uma nova barragem (em Tilbury ou em Long Reach) ou construir uma nova barragem com eclusa (em Tilbury, Long Reach ou em Charlton) (Ibidem, p.59-65).

A opção selecionada deverá ser implementada antes do vencimento da vida útil da Thames Barrier, prevista para acontecer em algum momento entre 2030 e 2070.

Como pode se perceber, são muitas as incertezas que cercam essa tomada de decisão bilionária: desde a vida útil real da Thames Barrier até o tamanho do aumento do nível do mar e da vazão do Tâmis, passando por condições sociais e

⁴¹ De acordo com o jornal inglês The Telegraph. Disponível em: < <http://www.telegraph.co.uk/news/interactive-graphics/10555686/How-does-the-Thames-Barrier-work.html>>. Acesso em 02 de maio de 2017.

econômicas. Em face disso, ao invés de recomendar o início imediato de uma gigantesca obra baseada em um cenário climático que pode não se confirmar no futuro, a agência ambiental desenvolveu uma estratégia que ganha tempo e possibilita que parte das decisões seja tomada posteriormente, quando é muito provável que existam informações melhores do que as existentes atualmente.

O plano determinou ações e tomadas de decisão para três horizontes temporais distintos. O primeiro horizonte, “The first 25 years” operacionalmente é uma continuidade ao que já se vinha fazendo, predominando manutenção e melhoramentos na Thames Barrier, o que deve elevar a sua vida útil até 2070. Vigente até 2034, durante este período deverão ser reservados espaços para o manejo de cheias e os planejamentos locais deverão ser revistos com base no que foi definido no TE2100. O plano deve ser revisado periodicamente para que seja atualizado com as informações e conhecimentos mais recentes.

Nos 15 anos seguintes, “The middle 15 years”, a obsolescência das atuais infraestruturas para manejo de cheias – paredões, aterros e barragens – trará a oportunidade de reconfigurar as margens do Tâmesa por meio do trabalho conjunto de planejadores, projetistas, grupos ambientalistas e habitantes da zona estuarina.

O horizonte “To the end of the century” começa em 2050 e logo em seu início deverá ser escolhida uma opção entre as quatro elencadas pelo TE2100. O planejamento e a implantação devem estar finalizados em 2070 (Ibidem, p.40), deixando Londres em situação segura quanto a riscos de inundações até 2100 ou além.

“Thames Estuary 2100 Project” é considerado paradigmático pois é um dos primeiros planejamentos urbanos a explicitamente reconhecer e lidar com o alto grau de incerteza inerente às mudanças climáticas (RANGER et al, 2013, p.233). Para Reeder et al, o TE 2100 é um exemplo real de planejamento feito com a abordagem “context-first” (2011, p.5) já que entender a vulnerabilidade do sistema de proteção contra inundações de Londres foi o ponto inicial e o cerne do plano (2011, p. 8).

2.5.5 Resilient New Orleans (Nova Orleans)

Devastada pelo furacão Katrina em agosto de 2005, foi só cinco anos depois, no plano diretor “Plan for the 21st century: New Orleans 2030”, que Nova Orleans articulou estratégias para evitar que algo similar aconteça novamente no futuro.

Um futuro desafiador já que modelos climáticos preveem aumento de temperatura de 3°C até 2100, elevação do nível do mar em até 4,8m e com furacões provenientes do Golfo do México mais frequentes e com maior magnitude⁴².

Hoje moradia de cerca de 345 mil pessoas, a cidade está situada abaixo no nível do mar, nas planícies inundáveis do rio Mississippi, junto ao Golfo do México. O rio Mississippi delimita a cidade ao sul enquanto o lago Pontchartrain é seu limite geográfico ao norte. Sua ocupação foi viabilizada por diques que completavam as elevações naturais do relevo. No começo do século XX, pântanos do seu entorno foram drenados, o que permitiu grande expansão da área urbana, mas causou o afundamento progressivo do solo e a necessidade de bombeamento na drenagem urbana⁴³. E foi justamente a perda desses pântanos um dos fatores determinantes na destruição da cidade pelo furacão Katrina já que ecossistemas úmidos funcionam com uma zona de amortecimento contra tempestades (COMFORT, 2006, p. 02; CITY OF NEW ORLEANS, 2010, p. 12.6; CITY OF NEW ORLEANS, 2015a, p. 10).

Quando o Katrina tocou o solo da cidade em 29 de agosto de 2005, com ventos de 200km/h, o sistema de diques se rompeu e 80% da cidade foi tomada pelas águas, matando cerca de 700 pessoas, muitas delas afogadas em suas próprias casas. A precariedade e demora no socorro às vítimas chocou o mundo com relatos de estupro em abrigos e saques das residências inundadas. Os prejuízos foram da ordem de dezenas de bilhões de dólares e a população da cidade diminuiu pela metade.

⁴² De acordo com a C40 Cities Network. Disponível em < <http://www.deltacities.com/cities/new-orleans/trends>>. Acesso em 05 de maio de 2017.

⁴³ A água da chuva é bombeada por canais que desaguam no lago Pontchartrain. De acordo com a matéria “Nova Orleans, um futuro ameaçado”, publicada na revista National Geographic Brasil em agosto de 2007, há áreas urbanizadas da cidade que afundaram 1 metro em 50 anos.

O plano diretor lançado em 2010 reconhece que a restauração de ecossistemas é uma medida fundamental para reduzir os riscos de inundação e recomenda que seja feita de forma integrada com as iniciativas para proteção de furacões e tempestades. Neste sentido, destaca o fato de que as barragens instaladas no rio Mississippi para evitar inundações impedem a passagem de sedimentos responsáveis pela criação dos ecossistemas costeiros e do próprio delta no qual se situa a cidade.

Outras ações determinadas foram a reforma e construção de barragens e a instalação de comportas nos dois canais que drenam a cidade, já que atualmente fornecem um atalho para que tempestades atinjam o centro da cidade. Para isso, o Congresso norte-americano destinou 14 bilhões de dólares.

No entanto, ao contrário de Nova York e dos Países Baixos, que trabalham com o período de retorno de 1000 anos, todo o sistema antiinundante de Nova Orleans foi dimensionado para 100 anos (o furacão Katrina foi um evento com probabilidade de ocorrer uma vez a cada 500 anos). O plano sugere que a cidade diminuiria consideravelmente os riscos de inundação se implementasse um sistema de proteção externo com período de retorno para 500 anos.

Enquanto essas medidas não são totalmente implementadas, a evacuação será um importante componente da resiliência da cidade (CITY OF NEW ORLEANS, 2010, p. 12.12). Ela tem sido implementada por meio de uma parceria da municipalidade com organizações não-governamentais, boa parte na escala da vizinhança. Aparentemente está no caminho certo porque a evacuação de 2008, em decorrência do furacão Gustav, foi considerada um sucesso.

“New Orleans 2030” também criou regulações urbanísticas determinando a elevação das edificações da cidade e a criação de estruturas antiinundantes na escala do lote em equipamentos públicos estratégicos.

Em 2015, no âmbito da rede internacional “100 Resilient Cities Initiative”, a cidade lançou “Resilient New Orleans: Strategic actions to shape our future city”, documento que sistematiza as ações já tomadas pela cidade em relação às

mudanças climáticas e apresenta 14 novas estratégias para promover resiliência na cidade.

Estruturada em três temas principais “Adapte-se para prosperar”, “Conectar-se para a oportunidade” e “Transformar os sistemas urbanos”, traz mudanças importantes onde se destaca “Vivendo com a água”, paradigma para gestão das águas urbanas, influenciado pelo programa “Room for the River”, dos Países Baixos.

De acordo com o documento o manejo da água da chuva deverá associar “o sistema tradicional de drenagem, composto de bombas e canos, com uma infraestrutura verde que atrasa e armazena a água da chuva na paisagem” (CITY OF NEW ORLEANS, 2015a, p. 38, tradução nossa).

No começo do ano, Nova Orleans ganhou a competição nacional “Reshaping the Urban Delta”, promovida pelo departamento federal de Habitação e Desenvolvimento Urbano (HUD) para recuperação e prevenção de desastres.

Premiada com 141,3 milhões de dólares, a proposta é composta de projetos que criam espaços públicos e amenidades para a população ao mesmo tempo em que tiram partido da capacidade que a paisagem tem de infiltrar, armazenar e limpar as águas urbanas. Muito do conteúdo foi retirado de “Greater New Orleans Urban Water Plan”, plano de drenagem urbana metropolitano lançado em 2013.

Mirabeau Water Garden, por exemplo, é uma proposta de parque público para o bairro Fillmore que além de desempenhar as funções tradicionais de um parque ainda faz o manejo da água da chuva das ruas e casas vizinhas, minimizando assim o risco de inundações e o afundamento (subsidência) do solo. A figura abaixo mostra como que o espaço foi pensando tanto para condições secas quanto úmidas.



Figura 13 Estudo para o Mirabeau Water Garden. Acima perspectiva axonométrica e abaixo planta do parque seco à esquerda e “molhado” à direita. Fonte: CITY OF NEW ORLEANS, 2015c, p.259-260.

“Reshaping the Urban Delta” se vale intensamente do retrofit de ruas e infraestruturas existentes para criar configurações espaciais que permitam um convívio mais harmônico entre o ciclo da água e os processos sociais. A figura abaixo ilustra a proposta “Blue- green corridors”, na qual canteiros centrais são modificados para captar, limpar e armazenar cerca de 200 mil m³ de água da chuva.



Figura 14 Blue-green corridors são canteiros centrais modificados para captar, limpar e armazenar a água da chuva. Fonte: < www.aiala.com/wp-content/uploads/MP-60-w-credit-slide.pdf>. Acesso em 05/05/2017.

Em alguns casos, como na rua Saint Roch, sob a infraestrutura verde da superfície foram instaladas grandes tubulações subterrâneas para o armazenamento temporário da água da chuva.



Figura 15 Proposta que concilia infraestrutura verde da superfície com estruturas subterrâneas para armazenamento de água. Fonte: WAGGONNER AND BALL ARCHITECTS, 2013, p. 73.

A reconstrução de Nova Orleans está causando certa controvérsia. Por um lado, é acusada de promover a gentrificação da cidade e diminuir a quantidade de negros de 67% para 60% dos habitantes, inclusive com retração da classe média. Números de sua economia, no entanto, mostram recuperação do setor turístico e a abertura de novos negócios é 64% superior à média nacional. Há ainda índices sociais positivos como o aumento no índice de graduação no ensino médio e a cidade já recuperou cerca de 80% de sua população⁴⁴.

Neste capítulo foi possível observar que embora haja arcabouço teórico no que tange as estratégias espaciais necessárias para preparar as cidades para as mudanças climáticas, ainda são relativamente poucas as experiências que conseguiram transcender o plano das intenções e ganhar materialidade. Muitas sequer foram capazes de se desdobrar em desenho urbano.

Observa-se também que, em grande parte, são litorâneas as cidades que estão efetivamente se preparando para as mudanças climáticas. Deste modo, os planejamentos e as obras realizadas orbitam questões de origem oceânica: aumento provável do nível do mar e furacões cada vez mais fortes e frequentes.

Ainda assim há muitas lições que podemos tirar para o contexto da Grande São Paulo, mesmo que esta esteja em um contexto espacial muito diferente e sob ameaças de outra natureza.

“Room for the River”, por exemplo, mostra que é possível romper com séculos de planejamento urbano em que a água é algo a ser contido, enquanto a cidade de Nova York mostra a importância da participação popular e que é possível transcender a descontinuidade administrativa político-partidária. O programa chinês “Sponge City” exorta a necessidade de agirmos antes que os impactos das mudanças climáticas ocorram, “Resilient New Orleans” reforça a importância das paisagens multifuncionais, enquanto TE 2100 nos lembra dos limites da abordagem científica e nos ensina que planejar para as mudanças climáticas é planejar para as incertezas.

⁴⁴ Dados extraídos de < <http://www1.folha.uol.com.br/mundo/2015/08/1673229-dez-anos-depois-do-katrina-nova-orleans-e-mais-branca-e-mais-cara.shtml>>. Acesso em 06/05/2017.

3. RELAÇÕES ENTRE A INFRAESTRUTURA CONSTRUÍDA E A BASE BIOFÍSICA DA CIDADE DE SÃO PAULO E ARREDORES

São Paulo é uma das cidades mais populosas do mundo, com cerca de 12.1 milhões de habitantes. Está localizada no alto curso do rio Tietê, em área sedimentar encaixada em um dos sítios com o relevo menos movimentado do Planalto Paulista. Cortado pelo Trópico de Capricórnio, o município está na transição entre clima tropical de altitude e subtropical úmido, colhendo, em média, 1400mm de chuva anualmente.

Há algumas décadas, seus limites cartográficos vêm sendo borrados pela conurbação que entrelaça seu tecido urbano aos de quase todos os 18 municípios vizinhos. A mancha urbana que tem a capital como epicentro vai além: se estende por outros 38 municípios, formando aquilo que se convencionou chamar de Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) ou Grande São Paulo. Esta área é habitada por mais de 21 milhões de pessoas.

Funcionalmente, dado seu protagonismo econômico e cultural, pode-se dizer que a RMSP guarda relações íntimas com boa parte do país. Se nestes quesitos ela é capaz de se colocar em posição confortável nas negociações, a sua tendência à hiperespecialização funcional (atualmente centrada no setor em serviços) a colocam em posição muito vulnerável nos quesitos mais básicos, fortemente ligados à sobrevivência da população.

Esta dissociação radical entre as atividades humanas e a base natural em que acontecem fica evidente quando observamos que cerca de 50% da água e quase a totalidade da energia e da comida consumidas na RMSP, não são produzidas dentro de suas fronteiras. A desconsideração das aptidões e dos limites da base natural sobre a qual o urbano se assenta ganha tom dramático quando analisada em conjunto com demografia e padrões de consumo.

Segundo o relatório “A Pegada Ecológica de São Paulo Estado e Capital”, a cidade de São Paulo, por exemplo, precisaria ter uma área 390 vezes maior para

produzir os bens e serviços originários de recursos naturais renováveis que consome, bem como para absorver suas emissões de CO₂ (WWF, 2012, p. 64).

Não faltam exemplos concretos da vulnerabilidade da RMSP que decorre de sua hiperespecialização funcional e descolamento radical entre atividades humanas e base natural. Basta lembrar que em maio de 2018, 48 horas após iniciada a greve dos caminhoneiros, acabaram os combustíveis nos postos de gasolina e houve desabastecimento de frutas, legumes, verduras nos supermercados. Anos antes, em 2014 e 2015, a região metropolitana se viu à beira do colapso quando os mananciais do Cantareira, sistema externo que fornece cerca de 50% da água consumida na RMSP, tiveram sua capacidade de produção drasticamente reduzida por uma forte estiagem.

3.1 A base natural como aliada

O assentamento humano hoje conhecido como “a cidade que não pode parar” nasceu em função do fluxo de cargas e pessoas. Segundo Reis (2004), ao governo português interessava o domínio dos caminhos que conduziam ao interior, entre eles o Peabirú, caminho terrestre dos tupis que ligava o litoral aos Andes, atravessando o planalto paulista e o Paraguai (p.16). Para Toledo, São Paulo foi durante mais de dois séculos “uma cidade que na verdade era um pouso de tropeiros” (2004, p.13).

Ao contrário do que acontece frequentemente, a fundação da cidade não se deu por proximidade de algum recurso natural que traria riqueza para a coroa portuguesa quando explorado. São Paulo de Piratininga foi fundada como expansão e melhoramento de uma infraestrutura primitiva, uma trilha ancestral.

No entanto, o povoado fundado pelo padre Manuel da Nóbrega em 1554 tomou partido de algumas características e recursos naturais que contribuíram para o êxito que a tentativa anterior dos portugueses de estabelecer um domínio fora do litoral não teve (Santo André da Borda do Campo).

A colina histórica, localizada entre os vales dos rios Tamanduateí e Anhangabaú, era um sítio estratégico na medida em que contava com a proteção de encostas escarpadas e brejos das várzeas (Idem, p. 14-15), fundamentais para

dificultar os ataques indígenas. Também ajudava o fato de ser rica em itens de subsistência como peixes, aves e caça e dotada de clima adequado para criação de gado e cultivo de plantas trazidas de Portugal (REIS, 2004, p. 17).

Ao analisar o tecido urbano da vila colonial, Reis observa a existência de uma relação entre o traçado das ruas e os caminhos das águas. Segundo o autor, como as casas eram todas construídas com taipa, os caminhos das águas eram deixados livres, em ruas e becos que facilitassem a sua passagem e evitou-se a abertura de ruas nas vertentes mais importantes já que certamente se converteriam em atoleiros ou seriam destruídos pela erosão.

Devido ao caráter de proteção, os muros da vila foram erguidos de maneira a não serem atravessados pelas águas (p. 20), e para isso algumas portas coincidiam com as linhas de drenagem (p.21). Para que os muros fossem altos e ao mesmo tempo resistentes, tomou-se partido dos grandes desníveis nas bordas do terreno (p.24), o que lhes deu traçado praticamente paralelo ao rio Tamanduateí e afluentes, como pode ser visto na figura a seguir.



Figura 16 Características do sítio inicial da vila de São Paulo, com destaque da área urbanizada entre 1560 e 1580. Legenda: A (Igreja da Sé), B (Pátio do colégio). Fonte: Reis, 2004, p. 19.

Durante dois séculos a cidade pouco cresceu ou se expandiu. Segundo o censo de 1776, São Paulo tinha 2026 habitantes, ainda confinados ao triângulo formado pelas igrejas de São Bento, São Francisco e Carmo, na colina histórica. Com a restauração da capitânia hereditária em 1765, a cidade ganhou autonomia e tiveram início processos de expansão agrária e comercial que demandaram a

transformação de caminhos rústicos em ruas e estradas, criação de chafarizes públicos para o abastecimento da população e pontes para a transposição da hidrografia no entorno. Essas obras de infraestrutura possibilitaram o surgimento da chamada “Cidade Nova”, expansão urbana para além da Chácara do Chá rumo ao atual bairro de Santa Cecília.

Segundo Langenbuch (1971), até meados do século XIX, o entorno do interflúvio Tamanduateí-Anhangabaú era descrito por muitos viajantes europeus como uma bela paisagem onde se destacavam chácaras abastadas dedicadas à produção de alimentos. Elas formavam um cinturão que se conectava à colina histórica por caminhos e estradas que posteriormente deram origem a ruas e avenidas como Brigadeiro Tobias, São João, Sete de Abril, Consolação, Santo Amaro e da Glória. É interessante notar que a maioria destes acessos estão localizados em divisores de água com as bacias hidrográficas vizinhas (córregos Ananguera, da Luz, Itororó e Saracuras), ou seja, os caminhos tomavam partido da baixa declividade dos topos de morro. A circulação era feita por tropas de burros. A navegação era secundária e geograficamente restrita (Idem, p. 26).

Enquanto o rural recebia elogios de todos os visitantes, ao urbano não faltavam críticas. O sacerdote, geógrafo e historiador português Ayres de Casal, por exemplo, chama São Paulo de “cidade medíocre, embora vistosamente assentada em terreno pouco elevado” (apud TOLEDO, 2004, p. 18). Um viajante inglês, chamou São Paulo de “a mud city”, a cidade de lama (Idem, p.10). O conde português Bernardo José Maria De Lorena, que governou São Paulo de 1788 a 1797, enviou ofício à Câmara da cidade, em 1792, com o seguinte teor:

É tão grande a irregularidade que se encontra em quase todas as ruas desta cidade, que não pode ter emenda sem a destruir; ainda para se formar um projeto para a continuação de novas ruas, com Arte, é bastantemente dificultoso por ser a cidade uma península formada pelo rio e por um ribeirão que corre em um Pantanal, certamente muito nocivo à saúde do povo, sendo o outro lado um terreno montuoso e desigual.(apud TOLEDO, 2004, p. 14)

Paradoxalmente, enquanto passavam a ser vistos como estorvo pelos administradores da cidade, os rios Tamanduateí e Anhangabaú seguiam fundamentais para a sobrevivência dos habitantes de São Paulo. A população dependia dos rios para muitas atividades rotineiras: a pesca para a alimentação, a fertilização do roçado por meio da inundação das várzeas, a retirada de argila e areia para a construção de moradias, o abastecimento d'água, a dessedentação de animais e a lavagem de roupa (ver foto a seguir).

No início do século XIX a hidrografia próxima à colina histórica passou a receber intervenções de maior escala. Foram realizados o “aterro do Brás” (caminho elevado sobre a várzea do rio Tamanduateí), a substituição da ponte do Carmo e o preenchimento com pedras do “buracão do Carmo”, processo erosivo entre a ladeira e a ponte do Carmo que vinha sendo utilizado como depósito de lixo.



Figura 17 Cartão postal de 1904 mostra a Ponte do Carmo, sobre o rio Tamanduateí, e lavadeiras. Fonte: <<https://sampahistorica.wordpress.com/2014/03/19/lava-roupa-todo-dia/>>.

Uma obra que se destacou à época foi a transposição do Tanque do Reúno, reservatório formado pelo represamento de uma nascente do córrego Saracura, afluente do Anhangabaú. Valetas a céu aberto passaram a levar, por gravidade, a água até um chafariz no Largo da Memória. Esta obra foi realizada pelo engenheiro Daniel Pedro Muller, em 1814, e segundo Reis (2004, p. 82) seu objetivo era

“atender a lavagem de roupas e às necessidades dos animais”. Dali partia outra valeta que levava água até um chafariz no Jardim da Luz.

Muito em breve, os administradores públicos começariam a tomar uma série de medidas que inviabilizariam o uso que a população vinha fazendo da base natural da cidade desde a sua fundação. Aos poucos, setores da sociedade passariam a ver a base natural da cidade menos em seu potencial estratégico e mais como estorvo para expansão da cidade e geração de riquezas.

3.2 A base natural entre o estorvo e a oportunidade

Datam de 1821 os primeiros projetos de retificação do Tamanduateí com vistas a mitigar as inundações que se davam em sua planície direita (SANT’ANNA, 2007, p. 31). O elevado custo da obra inviabilizou sua execução, mas os moradores de suas margens iniciaram escavações rentes ao rio para facilitar o escoamento d’água. Resultado: criaram-se enormes reservatórios de águas paradas, verdadeiros criadouros de insetos e epicentro de epidemias.

Reis (2004) relata que a independência do país em 1822 fez diminuir significativamente o interesse do governo central pelo meio urbano já que até então “o urbanismo havia sido usado como instrumento de controle sobre a população, explorando seu valor simbólico, para assegurar a presença de um caráter urbano tipicamente português”. Esse ponto de inflexão foi acompanhado pela centralização do poder na capital, Rio de Janeiro, e por maior participação privada na escolha de padrões urbanísticos. Uma continuidade entre os períodos foi a presença de engenheiros militares nos projetos e obras urbanas, que passaram a ter participação cada vez mais significativa (p.114-115).

Após uma tentativa frustrada, a “modernização” alcançou o Tamanduateí em meados do século XIX, quando Vicente Pires da Mota, o presidente da Província, retificou um pequeno trecho do rio desavergonhadamente próximo de sua própria fazenda (2007, p. 33).

Os terraços do rio Tamanduateí também foram escolhidos para receber uma infraestrutura que mudaria a cidade para sempre. Em 1867 foi inaugurada a ferrovia

São Paulo Railway ligando Santos a Jundiaí para escoar a crescente produção cafeeira. Outras duas ferrovias são inauguradas em 1875: Sorocabana, ligando São Paulo a Sorocaba, e a do Norte (atual Central do Brasil), que ia da região do Brás até Cachoeira Paulista, onde já havia planos para conectá-la a ferrovia Dom Pedro II rumo ao Rio de Janeiro

De acordo com Langenbuch (1971, p.99), as ferrovias mudaram a relação da cidade com o relevo. Enquanto as estradas para circulação de tropas de burros evitavam as várzeas e se apropriavam das colinas, a ferrovia possuía recursos financeiros para contornar os estorvos causados pela presença de água. Ademais, como a cidade não havia se interessado em ocupar as várzeas, os terrenos aí localizados eram planos, estavam desimpedidos e eram baratos.

Villaça (2001) observa que a São Paulo Railway se tornou um novo obstáculo para travessia do vale do Tamanduateí, acentuando assim a tendência da cidade se expandir para além do rio Anhangabaú, que apresentava um vale com menor dificuldade de superação (p. 116). A localização da ferrovia explicaria inclusive os perfis socioeconômicos diferenciados da ocupação futura dessas duas regiões, sendo a zona oeste da cidade mais cobiçada e por isso mais elitizada, e a zona leste, majoritariamente deixada às classes populares (p.117).

As ferrovias estimularam o crescimento populacional, possibilitaram a ligação de São Paulo como o mercado internacional, desenvolveram ou até mesmo criaram núcleos a partir de suas estações. O Tietê, até então fora do cotidiano urbano (CUSTÓDIO,2012, p. 85), passou a ter a sua paisagem pontuada por depósitos, armazéns e indústrias que fomentaram a ocupação residencial no entorno das estações Lapa e Barra Funda, da Sorocabana.

No mesmo sentido, dinamizaram-se os entornos das estações Santo André e São Caetano do Sul, da São Paulo Railway, que em algumas décadas alcançariam a hegemonia da industrialização suburbana. Segundo Langenbuch (1971), as bases biofísicas destas cidades colaboraram pois tinham “a presença, em grande extensão linear, do trinômio *ferrovia – terrenos grandes e planos rejeitados pela expansão residencial – curso fluvial*” (p.145, grifos do autor).

O autor observa que as ferrovias tinham seus caminhos definidos não devido à proximidade de aglomerações urbanas consolidadas, mas em função do frete potencial de grandes clientes (p.100). Sendo assim, muitos povoados importantes foram desprezados, entrando em franco declínio pois, como observa Schutzer (2004, p. 150) a nova infraestrutura de transporte causou o colapso do sistema de transporte anterior e das atividades a ele relacionadas. Exceções foram Jundiaí e Mogi das Cruzes.

As ferrovias também mudaram a aparência da cidade ao facilitarem utilização de materiais de construção importados, como aconteceu pioneiramente no bairro de Campos Elíseos, beneficiado com a proximidade⁴⁵ da estação da Luz (TOLEDO, 2004, p. 108). Ao lado da proliferação do calçamento público com uso de paralelepípedos, iniciado em 1871, era o fim da “mud city”.

Outras duas infraestruturas revolucionaram São Paulo na mesma época. A iluminação pública das ruas, possível com a inauguração da primeira usina de gás, e o surgimento da primeira empresa de abastecimento de água, que será detalhada no próximo tópico.

Ao mesmo tempo, a teoria miasmática⁴⁶ seguia influenciando mentalidades dentro da administração pública e intervenções para o saneamento das várzeas dos rios Tietê e Tamandateí foram iniciadas em 1886. O objetivo, nas palavras de João Alfredo Corrêa de Oliveira, o presidente da província, era transformar os rios em locais “salubres e úteis” (Idem, p. 33). Foi criada a Comissão de Saneamento do Estado de São Paulo. Segundo Reis, possivelmente a percepção de que as regiões mais próximas da água eram insalubres e por isso deveriam ser evitadas, colaborou para a segmentação social já na década de 1880:

as áreas de baixada e mais acidentadas foram sendo caracterizadas como bairros populares e industriais, enquanto as mais altas e planas, com preços mais elevados, eram

⁴⁵ O autor observa que a proximidade da estação da Luz também responde pela posterior decadência do bairro, vítima do barulho e trânsito intenso de veículos de carga (p. 108).

⁴⁶ Antes da descoberta dos micróbios, em meados do século XIX, acreditava-se que muitas doenças eram causadas pela estagnação, seja de homens, lixo ou água (Franco, 1997, p. 78).

procuradas para a construção de residências das camadas mais ricas (2004, p. 124).

Ainda que existissem todos esses problemas e dinâmicas em andamento, rios e córregos eram parte da vida de todas as classes sociais. Para além de seus usos capitais (pesca, mineração, abastecimento e lavagem de roupa), rios, córregos e nascentes eram importantes pontos de encontro cotidiano. A nossa hidrografia era, portanto, dotada de grande pracialidade⁴⁷ (QUEIROGA, 2001).

Um processo em curso desde os anos de 1870 atribuiria mais uma qualidade a esses espaços: o lazer. Essa nova apropriação se dava pela influência de imigrantes que chegavam em massa a São Paulo. Iniciava-se a era da parquealidade⁴⁸ fluvial na cidade.

Sevcenko (apud JORGE, 2006, p. 126) relata que na década de 1920 multidões de jovens praticavam natação, saltos ornamentais e se exercitavam em barcos a remo. No entanto, o uso das águas paulistanas não era totalmente livre: estavam sob mediação de entidades com forte caráter elitista. Caso emblemático é o do remo, atividade de destaque nos clubes Società Italiana di Canottieri – Club Espéria (fundado em 1899) e Clube de Regatas Tietê (criado em 1907). A participação de trabalhadores era desencorajada e a de analfabetos terminantemente proibida (Ibidem, p. 127).

Elitismo também explica a migração dos esportes náuticos para a represa do Guarapiranga porque além de ter a água mais limpa que os rios Tietê e Pinheiros, a represa era pouco frequentada por pobres e trabalhadores (Jorge, 2006, p. 129). Ali se estabeleceram clubes de iatismo e, nos anos 30 e 40, a represa recebeu competições importantes de remo.

⁴⁷ Segundo Queiroga (2001), pracialidade é uma categoria de entendimento do lugar, uma prática espacial própria da esfera da vida pública que pode ocorrer em diferentes lugares além de praças ou largos públicos. Ela é caracterizada pela apropriação eventual ou cotidiana que transcende a funcionalidade específica de um local e que o transforma em espaço de encontro e convívio, de manifestações populares e culturais, enfim, da política em seu sentido mais amplo.

⁴⁸ A parquealidade está para o encontro e a vida pública assim como a pracialidade está para o esporte e o exercício físico ao ar livre. É qualidade de um lugar que não é parque, mas que acolhe atividades típicas de parque.

3.3 A transformação da base natural em artefato técnico e mercadoria

Ao mesmo tempo em que várzeas eram suprimidas para o estabelecimento da malha ferroviária, margens segregadas por clubes da elite e águas colocadas sob suspeita pela teoria miasmática, rios, córregos e várzeas entravam na mira de grandes corporações transnacionais.

Em 1877 o abastecimento de água já era apontado como o principal problema da cidade, que contava com 50 mil habitantes (IAMAMURA,2006, p. 52). Nesta época, 80% da população se abastecia diretamente na densa rede de rios e córregos paulistanos. Os outros 20% se serviam nas cerca de 30 bicas e chafarizes construídos pela municipalidade.

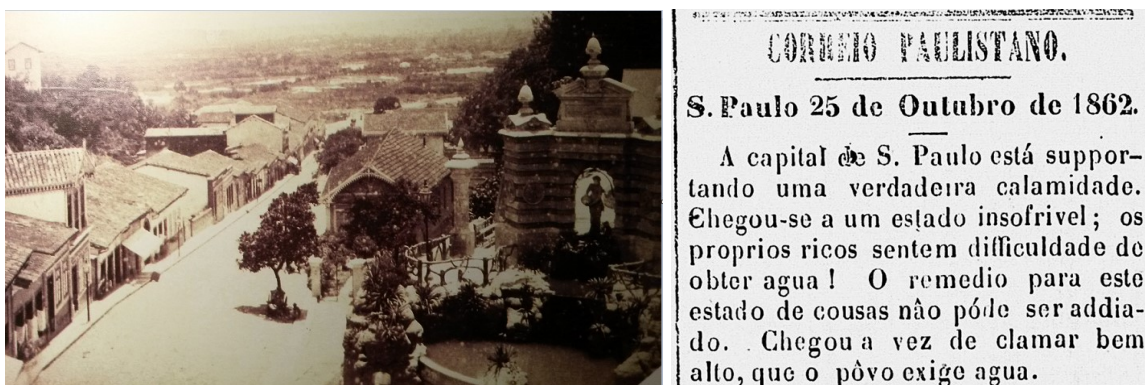


Figura 18 À esquerda, chafariz da rua João Alfredo (atual r. General Carneiro), 1887. À direita, reportagem do jornal Correio Paulistano denuncia a "crise hídrica" de 1862.

Aproveitando-se do descontentamento popular com o fornecimento de água, um consórcio formado por capitalistas nacionais e engenheiros ingleses fundou a Companhia Cantareira com a missão de implantar serviços de abastecimento e de esgotamento sanitário na cidade. O projeto principal consistia em uma adutora com 14,5km de extensão que levaria água da serra da Cantareira até um reservatório na parte alta da rua da Consolação. Dali seria distribuída à população por chafarizes e 130 edifícios teriam água encanada

Para viabilizar financeiramente a empreitada, o Decreto Imperial n. 6833 de 1878 autorizava a cobrança de 1\$500 por quilolitro de água abastecida. Embora a água já estivesse sendo comercializada por aguadeiros que a vendiam de porta em porta, o decreto tinha caráter oficial e abrangência muito maior, podendo ser visto,

portanto como o momento em que a água se transforma em mercadoria na cidade de São Paulo.

Com a conivência dos governantes, em 1893 a Cia. Cantareira passou a demolir os chafarizes públicos para obrigar a população a aderir à água encanada paga. No mesmo ano o governo do Estado, pressionado pela revolta popular frente aos procedimentos da empresa acusou a Cantareira de quebra de contrato e incorporou a companhia.

Surgia então a RAE (Repartição de Águas e Esgotos da capital). Ainda que tenha sido acertada e pioneira a iniciativa de criar a Reserva Florestal da Cantareira para a proteção do manancial, a RAE nada fez para proteger aquelas que eram as principais fontes de abastecimento da população: os córregos urbanos e as nascentes que abasteciam as bicas e chafarizes por toda a cidade.

Com a entrada na República e iniciado o processo de industrialização em São Paulo, a demografia paulistana expandiu 14 vezes em apenas 40 anos, chegando a 900 mil pessoas em 1930. O acréscimo foi acomodado, em grande parte, nos loteamentos das chácaras próximas ao centro, implicando na erradicação de matas locais e em grande especulação e valorização imobiliária.

O início desta explosão demográfica aconteceu com o forte fluxo migratório internacional, demandado pelos industriais que alegavam dificuldade em encontrar mão de obra nativa minimamente qualificada. Por conta disso, segundo Reis (2004, p. 139), entre 1890 e 1914, algo entre 50 e 70% da população era europeia.

Europeia também era a matriz energética que alimentava a indústria paulistana. Mesmo a Light fornecendo eletricidade desde 1901 por meio de uma usina que aproveitava uma cachoeira do rio Tietê localizada 33km a oeste da cidade, os industriais seguiam alimentando as caldeiras com carvão inglês, prática que só parou com a escassez causada pela primeira guerra mundial.

Conhecida originalmente como “Usina de Parnaíba” devido à sua localização nas imediações do município de Santana de Parnaíba, a usina Edgard

de Sousa deu origem à maior intervenção na paisagem paulistana até então: a represa do Guarapiranga.

A Guarapiranga foi criada em 1908 por meio do barramento do rio de mesmo nome à montante de seu encontro com o rio Jurubatuba , ponto onde surge o rio Pinheiros. A função da então “Represa de Santo Amaro” não previa seu atual uso como manancial de abastecimento: visava tão somente reservar água para regularização das vazões destinadas à geração de energia.

Como anteciparam a Cia Cantareira e a “Usina de “Parnahyba”, a modernização da infraestrutura paulistana no período teve forte influência estrangeira, com o transporte público feito por bondes elétricos da canadense Light, novas urbanizações planejadas por franceses e ingleses da Cia City, além das indústrias propriamente ditas, que mais tarde foram alavancadas pelas montadoras automobilísticas norte-americanas Ford e General Motors.

A exemplo da Cia Cantareira, as condutas de muitas destas empresas estrangeiras evidenciam que mesmo passado um século da autodeterminação brasileira, ainda predominava uma economia de exploração com vistas à exportação de riquezas. A Companhia City, por exemplo, armazenava terras esperando que a implantação de infraestruturas financiadas com capital estatal valorizasse os terrenos para em seguida dar início a loteamentos com enorme lucro. Prática perversa que, no entanto, parece inofensiva quando comparada aos procedimentos da Light, empresa que nos anos 1920 era chamada de “dona da cidade” pela imprensa (Custódio, 2012, p. 70).

Ao se lançar no projeto de retificação do rio Pinheiros, em fins da década de 1920, a Light empenhou-se também em se apoderar dos recursos naturais produzidos pelo rio, a começar pela extração de areia e pedregulho para obras, atividade tradicional que empregava centenas de barqueiros autônomos. Além disso, a Light interferia na navegabilidade do rio pois comandava a abertura e fechamento das comportas da represa do Guarapiranga (Seabra, 1987, p 83).

Em fevereiro de 1929, segundo Seabra, comportas foram abertas por motivo sinistro. Uma vez que o pagamento pela retificação do rio Pinheiros seria a transferência para a empresa da área ocupada pela várzea, a Light teria deliberadamente aberto as comportas da Guarapiranga e do Rio Grande, na Billings, para aumentar a área tida como inundável e, conseqüentemente, a sua própria recompensa. Como chovia forte há vários dias e o nível dos rios já estava altíssimo, a estratégia provocou a maior enchente na história da cidade.

Já a retificação de nosso maior rio, o Tietê, era objeto de estudo desde final do século XIX, mas só foi de fato desencadeada em 1923 com a delegação da missão para o engenheiro Saturnino de Brito, nacionalmente conhecido devido aos canais que projetou para o saneamento da cidade de Santos.

Originalmente o trecho do rio compreendido entre Penha e Osasco possuía 45 quilômetros de extensão. Com a proposta de Brito, entregue em 1925, este trecho do Tietê passaria a ter 26km de extensão graças à supressão de seus meandros. O rio permaneceria navegável, teria sua calha ampliada e a sua vazão seria regularizada por barragens, trechos preservados de várzea, replantio da mata ciliar à montante e por dois grandes lagos recreativos na altura da Ponte Grande (atual Ponte das Bandeiras). Avenidas laterais vegetadas, similares às *parkways* norte-americanas foram propostas, e novas pontes.

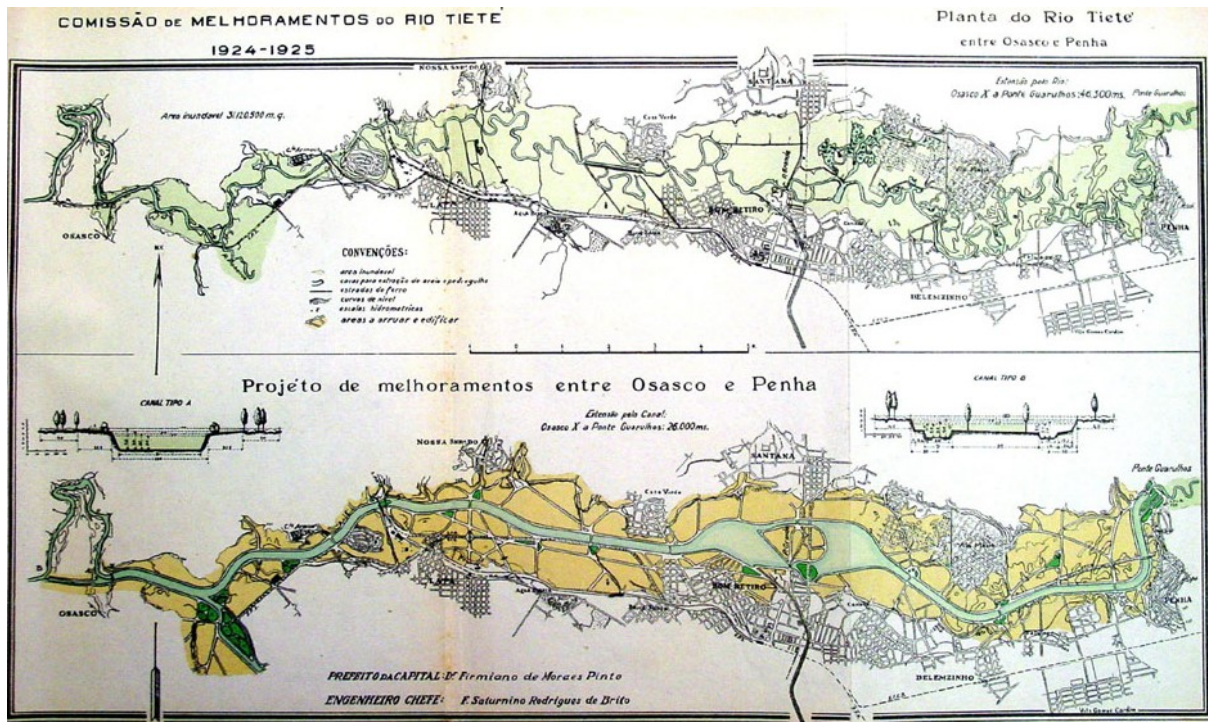


Figura 19 Na planta superior, a configuração do Rio Tietê e seu entorno em 1924-1925. Na planta inferior, o projeto de Brito para a área, onde observamos o traçado da retificação, os dois grandes lagos para regularização da vazão e, em laranja, a área de várzea que não seria urbanizada. Fonte: www.fau.usp.br/docentes/deprojeto/c_deak/CD/5bd/1rmsp/plans/h1saturn/index.html. Acesso em 28/06/ 2018.

Segundo Jorge (2006, p. 64), tratava-se de uma proposta holística, com a perspectiva de uso múltiplo do rio”.

No entanto a descontinuidade administrativa, sob a forma de um novo prefeito, José Pires do Rio, afastou Saturnino de Brito. O comando foi assumido pelo engenheiro municipal Ulhoa Cintra, que reduziu o plano de Brito à retificação e construção de avenidas laterais e pontes, liberando uma quantidade significativamente maior de várzea para ser ocupada.

Paralelamente à retificação dos rios Pinheiros e Tietê, uma intervenção na paisagem, em escala ainda maior, foi conduzida pelos mesmos atores. Precisando dar uma resposta à crise energética de 1923 /1924 desencadeada por uma grave seca que também provocou uma “crise hídrica” no setor de abastecimento de água, a companhia Light lançou o " Projeto da Serra”, liderado pelo engenheiro norte-americano Asa White. Seus estudos recomendaram o aproveitamento do desnível de relevo, da ordem de 720m entre o extremo sul da cidade, no sopé da Serra do

Mar, e o município de Cubatão, na baixada santista, para a geração de energia hidrelétrica.

Em 1925 foi feita a transposição do rio Grande, na vertente continental da serra, para o rio das Pedras, na vertente oceânica. A usina de Cubatão, posteriormente renomeada de Henry Borden, foi inaugurada em 1926. Para regularizar a vazão, foi construída a barragem de Pedreira, que barrou o fluxo do rio Grande rumo ao rio Pinheiros. Por conta disso, uma área de 10.814 hectares foi inundada formando o reservatório hoje conhecido como represa Billings, inaugurado oficialmente em 1927. Para aumentar a capacidade de geração da hidrelétrica, em 1940 o rio Pinheiros teve seu curso revertido com a construção das usinas elevatórias de Traição e Pedreira. O rio Pinheiros, afluente do rio Tietê, passou então a receber as águas do rio principal.

Enquanto a cidade seguia o desígnio capitalista de transformar a sua paisagem em cenário para a produção e circulação de mercadorias (DEBORD, 1997, p.112), para a maior parte da população essas transformações significavam um duro golpe em seus hábitos e maneiras de ganhar a vida.

3.4 Abastecimento de água: a hidrografia como escassez construída

Em 1860, o consumo de água era oficialmente saciado por menos de 20 chafarizes e bicas que somados forneciam 336m³/dia para a população, pouco mais que 14 litros per capita (Sant'Anna, 2007, p. 102). Extraoficialmente, uma quantidade quatro vezes maior era coletada de cisternas ao longo do rio Tamanduateí e de seu afluente o córrego Lavapés, sendo parte comercializada por aguadeiros que as distribuíam em pipas ambulantes.

A segurança hídrica da pequena São Paulo era precária, tendo dado sinais de ruptura nas secas de 1828, 1841 e 1846. De acordo com Sant'Anna, “gargantas secas e água considerada impura pareciam uma rotina sem-fim na cidade” e secas eram “pontuadas por romarias, súplicas e orações” (Idem, p.90).

Como referido anteriormente, em 1877 o abastecimento já era o principal problema da cidade. E aparentemente a sua causa não estava relacionada com a

escassez natural ou com a falta de captações feitas pela província, mas com vazamentos causados pelo péssimo encanamento utilizado na distribuição, falta de limpeza dos reservatórios e por erros técnicos triviais como mau encaixe entre tubulações e instalação da rede de distribuição acima do espelho d'água dos reservatórios. No tanque municipal, localizado nas imediações do atual bairro do Paraíso, as perdas chegavam a 2 /3 da água, volume suficiente para abastecer grande parte da cidade. À época o engenheiro Saturnino de Brito apontou influência política nas inadequações do serviço de abastecimento já que

diversos responsáveis pelos encanamentos estavam mais preocupados em realizar obras de grande visibilidade pública do que pequenos e eficazes trabalhos de calibragem e adaptação da rede, tarefas, enfim, “mais modestas”, pouco custosas e de discreta visibilidade (Idem, p. 138-139).

Enquanto relatório fiscal de 1892 informava que não havia mais água potável dentro da área urbana, no começo do século XX, ainda era boa a qualidade do nosso maior rio. Tanto que frente à “crise hídrica” enfrentada em 1902/1903, fruto da incapacidade do Cantareira atender à demanda de uma população que atingia 240 mil pessoas, era consenso que as águas do Tietê deveriam ser usadas para fins de abastecimento.

Também estavam em bom estado de conservação a maior parte dos córregos urbanos. Em 1907, Cabuçu, Ipiranga e Barrocada passaram a contribuir no abastecimento da cidade que então enfrentava uma nova “crise hídrica” desencadeada por uma forte estiagem iniciada em 1905. Essa ampliação do sistema de abastecimento ocorria de acordo com o plano do engenheiro Saturnino de Brito, então chefe da Comissão de Obras Novas para o Abastecimento de Água de São Paulo. A ilustração abaixo apresenta o plano.

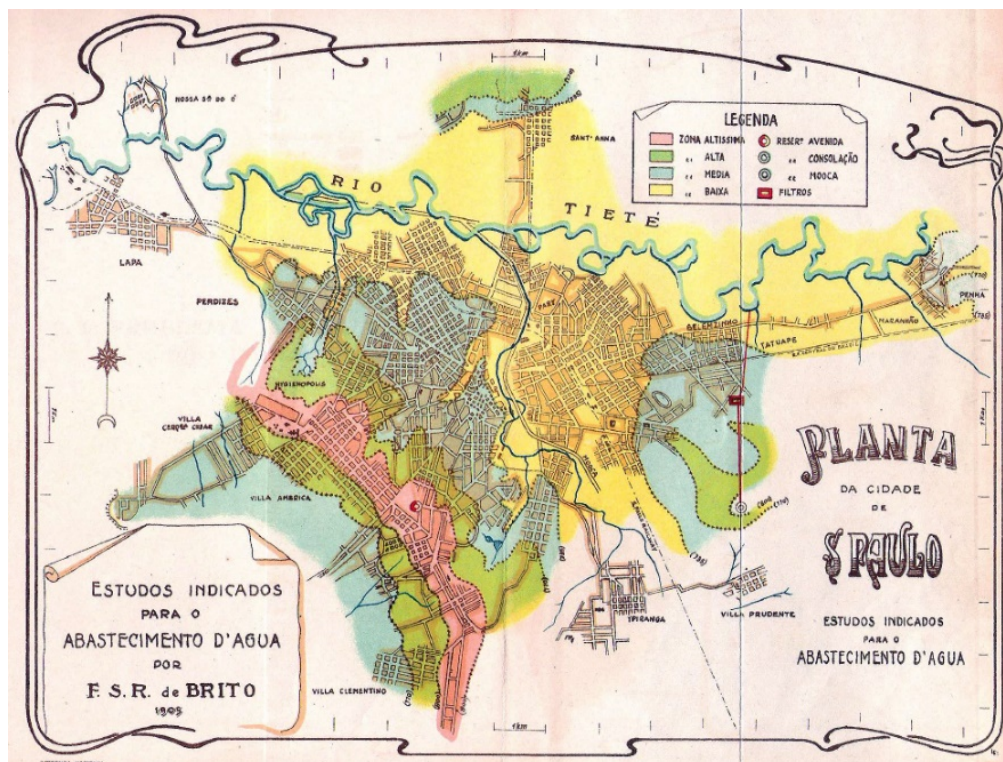


Figura 20 Plano de abastecimento de Saturnino de Brito para S. Paulo. Fonte:Moreira, 2008, p.82

Brito baseou-se no lema do Dr. Carlos Botelho: “águas altas para zonas altas; as águas baixas, especialmente as do rio, para a zona baixa” (apud FERRARA, 2013, p. 64). Botelho era o secretário da agricultura e está creditado no plano, conforme pode-se ver na figura a seguir.

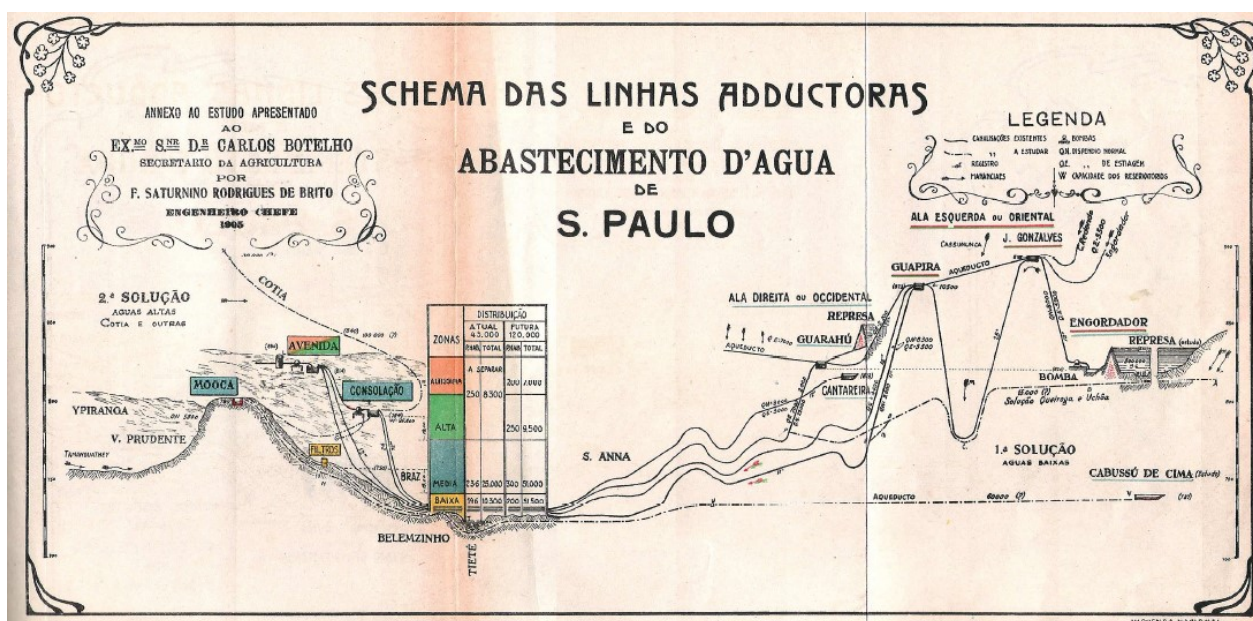


Figura 21 Plano de abastecimento de Carlos Botelho para São Paulo. Fonte:Moreira, 2008, p.83.

Organizado em quatro zonas altimétricas, o plano determinou que a zona baixa compreendida entre as cotas 720 e 730m de altura seria abastecida pelo Tietê, Cabuçu e Ipiranga e a zona média, entre as cotas 735 e 770m, seria abastecida pelo lado direito da Serra da Cantareira (Guaraú). A zona alta, entre 770 e 800m, e altíssima, acima de 800m, seriam servidas pelo lado esquerdo da Cantareira, atual núcleo Engordador.

Em 1910, surgiu outra “crise hídrica”, desta vez acompanhada de epidemia de febre tifoide causada pela contaminação do Tietê. Por conta disso, em 1914, o município passou a captar água no então distante Ribeirão Cotia, que para ser viabilizada demandou a desapropriação de 10.000 hectares e uma grande obra de infraestrutura: a barragem Pedro Beicht.

A estiagem de 1924, quando choveu apenas 900mm durante todo o ano, uma vez mais evidenciou a insuficiência do serviço de abastecimento paulistano. Para enfrentar a nova “crise hídrica”, a Comissão de Obras Novas tomou medidas para captação no rio Claro, um manancial distante da cidade, em área que viria a ser o município de Biritiba Mirim⁴⁹. No entanto, como as necessidades emergências da cidade ultrapassavam a velocidade da empreitada, as obras no rio Claro foram abandonadas e a Comissão de Saneamento da Capital passou a captar água na represa de Guarapiranga, criada originalmente para reservação hidrelétrica (Massara, 2002, p. 41). Rio Claro só passou a abastecer a cidade em 1939, tendo a obra sendo completada apenas em 1970.

A captação de águas distantes dos centros de consumo, embora seja uma opção largamente adotada atualmente, não foi aceita pacificamente na época. Isso porque existiam duas escolas de pensamento sobre a forma mais adequada de abastecer a cidade. Ferrara explica que de um lado estavam os defensores do ideal de captar águas nas “cabeceiras, em bacias vestidas de florestas”, posição alinhada

⁴⁹ A “crise hídrica” de 1924 /1924 também afetou a geração de energia elétrica. De acordo com Jorge, “os bondes elétricos não conseguiam subir as ladeiras, anúncios luminosos foram proibidos nas lojas, moradores temeram ficar no escuro e industriais de irem à falência devido às máquinas paradas” (2006, p. 79). Vendo seu potencial hidrelétrico reduzido em 30%, a Light construiu em apenas sete meses a usina de Rasgão, em uma curva do rio Tietê localizada entre Pirapora do Bom Jesus e Cabreúva.

ao Código Sanitário, e de outro lado estavam os partidários da utilização de técnicas de purificação de água para utilização em larga escala das águas poluídas do Tietê (2013, p. 66).

A captação emergencial demorou onze meses para ter início e precisou ser negociada com a Light, que usava o reservatório para geração hidrelétrica. A mudança de uso da represa foi prenúncio da futura e ainda não equacionada disputa de diferentes infraestruturas pelo mesmo recurso natural.

Paralelamente à captação no Guarapiranga, em 1929 foram construídos, também em caráter emergencial, poços profundos na várzea do Tietê a fim de abastecer os reservatórios da Penha e Belenzinho. No entanto, como não surgiu água na quantidade esperada, os reservatórios passaram a ser abastecidos por desvio da adutora do Guaraú. A captação no Cabuçu também apresentou problemas na mesma época devido a uma estiagem e precisou ter a sua vazão complementada com a construção de uma estação que aproveitava a vazão de afluentes à jusante do ponto de captação original (Idem, p. 70-71).

Não bastasse as dificuldades enfrentadas até então pelo setor de abastecimento de água, a renovação da concessão da Light em 1927, garantiu à empresa, “o controle total sobre as águas do Alto Tietê” (ROLNIK, 1997, p. 162), consolidando a supremacia do uso hidrelétrico sobre os todos os outros⁵⁰.

A intensificação da industrialização entre os anos 1930 e 1950, transformou a hidrografia em sumidouro de efluente industrial, dificultando sobremaneira os seus usos tradicionais. Jorge conta que em 1940, por exemplo, a poluição do rio Tietê “queimava” os cultivos de ribeirinhos (2006, p. 197). A poluição também inviabilizava a prática de esportes, datando de 1944 a última Travessia de São Paulo a nado, evento que reunia cerca de dois mil nadadores e era bem mais importante do que a corrida de São Silvestre.

⁵⁰ Com esse movimento a Light também sabotava um competidor, a Brasital, que estava planejando a instalação da usina Porto Góes, em Salto, um empreendimento que poderia fornecer eletricidade para a capital, quebrando o monopólio da Light. Jorge explica que a concessão autorizava a reversão dos rios Tietê e Pinheiros, rumo à represa Billings, desviando assim águas que em seu curso normal alimentariam a usina da concorrência (2006, p. 79-82).

Poucos anos depois, as alterações realizadas nos rios lançaram uma praga sobre a cidade. Atuando em conjunto com a diminuição radical das correntezas devido aos barramentos realizados nas décadas anteriores, o extermínio de peixes e anfíbios pela poluição dos rios levaram os mosquitos do gênero *Culex* a praticamente não terem mais predadores. O inseto passou a se proliferar desenfreadamente para desespero, principalmente, dos moradores dos bairros vizinhos ao rio Pinheiros.

Ao mesmo tempo em que eram poluídos, os cursos d'água passaram a ser canalizados, quase sempre de maneira subterrânea, para dar lugar a avenidas de fundo de vale, conforme designado pelo Plano de Avenidas concebido pelo engenheiro Prestes Maia em 1930 e executado em sua gestão como prefeito (1938-1945). O uso mais primordial da água, o abastecimento, tornava-se assim praticamente inviável *in loco*.

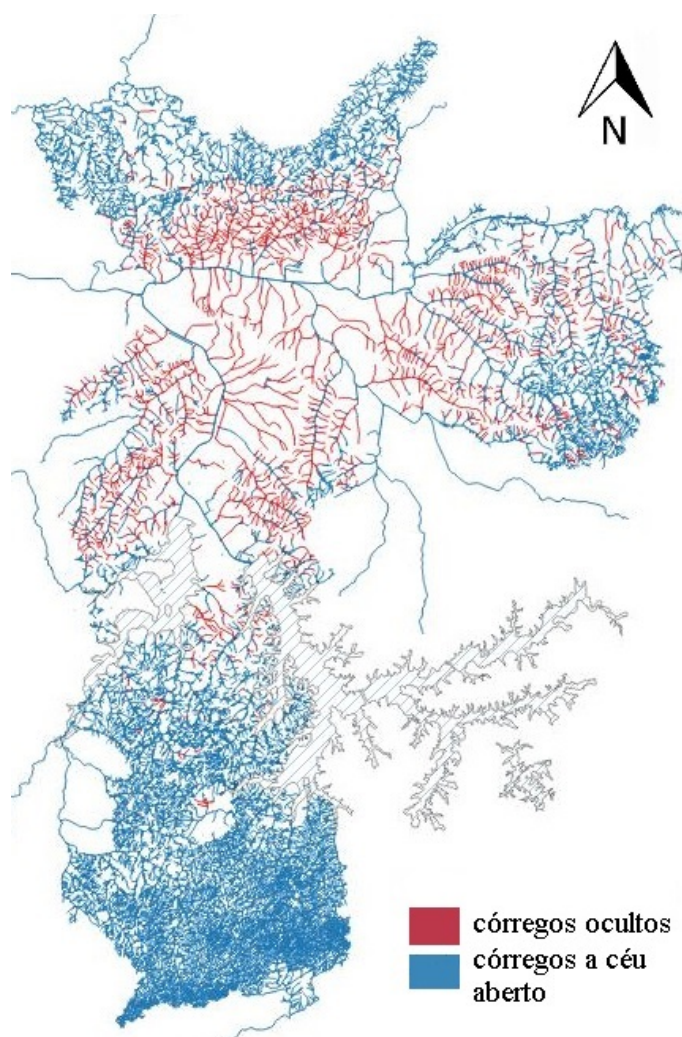


Figura 22 Hidrografia paulistana oficial, a céu aberto e canalizada de maneira subterrânea (oculta). Elaborado pelo autor a partir de bases do GeoSampa. Fonte: Bonzi (2016, p.15).

Entre os primeiros cursos d'água sacrificados em nome do Plano de Avenidas estão o Saracura, que deu lugar à avenida Nove de Julho, e os últimos metros do Anhangabaú (avenida Senador Queirós).

Posteriormente, outros cursos d'água não previstos no Plano de Avenidas foram canalizados em galerias subterrâneas, tornando-se “córregos ocultos”, conforme terminologia criada por Bartalini (2006). Oficialmente, dos 4903km de cursos d'água paulistanos mapeados, 998km enquadram-se na categoria “ocultos” (Bonzi, 2016, p.15). Ver imagem anterior.

Embora atualmente seja evidente que a transformação de fundos de vale em sistema viário foi uma escolha equivocada da cidade, na época foi defendida por Prestes Maia como tomada de partido da natureza herdada por São Paulo:

Não possuímos, como as belas cidades européias, fortificações e muralhas que proporcionem rings espaçosos pela simples demolição. Em troca, deu-nos a natureza os dous rios que banham a cidade, dos quais é mister tirar o melhor partido (1930, p. 128 apud Custódio, 2012, p. 36).

Em 1940, o crescimento populacional seguia em ritmo rápido e as redes de infraestrutura, notadamente a de esgotamento sanitário, seguiam em marcha lenta, sendo incapazes de acompanhar minimamente o desenvolvimento da cidade⁵¹, colaborando assim para o surgimento de novas “crises hídricas”:

os sistemas que abasteciam a cidade eram: Cantareira, Cabuçu, Cotia, Santo Amaro (Guarapiranga) e Rio Claro, num total de 5,435 m³/s, para uma população de cerca de 1.300.000 habitantes, que convivia com a distribuição irregular de água e com crises sucessivas, sobretudo nas estiagens (Custódio, 2015, p. 454).

⁵¹ Essa incapacidade infraestrutural histórica explica, na visão de Toledo (2004), porque São Paulo evitou crescer para os lados e preferiu demolir partes existentes da cidade para reconstruí-la de maneira mais adensada, fazendo melhor uso da infraestrutura existente (p. 125).

Nos anos 60, as represas Billings e Guarapiranga, criadas originalmente como reservatórios para a geração hidrelétrica, já tinham com função principal o abastecimento de água. Tarefa que a Billings cumpriu plenamente por apenas 20 anos devido à poluição decorrente da ocupação de suas margens e por receber, por reversão, a macrodrenagem cada vez mais caudalosa e poluída dos cada vez mais adensados e populosos bairros às margens do rio Pinheiros.

Em 1969, uma nova estiagem praticamente secou a represa Guarapiranga. Naquele ano só choveu 50% da média histórica, o que levou a São Paulo a racionar água entre setembro e novembro, no regime um dia com água e outro sem. Equipes do DAE fiscalizavam o mau uso da água e reincidentes poderiam ter seu abastecimento suspenso por 15 dias.

Em 1985, outra estiagem afetou novamente o reservatório Guarapiranga, que atingia 16,5% de sua capacidade no final de novembro, época em que normalmente as chuvas já seriam abundantes. Embora os reservatórios do sistema Cantareira estivessem praticamente cheios, mais de 100 bairros da capital e os municípios de Caieiras, Francisco Morato, Franco da Rocha, Taboão da Serra, Itaquaquetuba, Arujá e Ferraz de Vasconcelos ficaram sem água, levando à implantação emergencial de oito dias de racionamento, posteriormente estendidos para dois meses.

Nova “crise hídrica” tocou a cidade em novembro de 1994, quando chuvas abaixo da média fizeram a represa Guarapiranga atingir 30,4% de sua capacidade e o sistema Alto Tietê, 24,4%. Cinco milhões de pessoas nas zonas sul e leste tiveram água racionada durante 57 dias. Moradores de Arujá, Itapevi e Diadema ficaram ainda mais tempo devido a problemas de adução.

Em 1998, o Governo do Estado decretou que o abastecimento de água foi universalizado na RMSP. Dois anos depois, no entanto, a cidade entrava novamente em racionamento devido aos baixos níveis das represas Guarapiranga e Pedro Beicht (Alto Cotia). Desta vez a causa, aparentemente, não foi apenas a estiagem (a “pior dos últimos 90 anos”, segundo o governador Mário Covas), mas também o consumo crescente da população. O racionamento de 2000 foi de dois

dias com água e um sem, durando de junho a setembro de 2000 e atingiu 3,4 milhões de habitantes da capital e dos municípios de Embu, Embu-Guaçu e Itapequerica da Serra. Esta “crise hídrica” acelerou as obras de transposição do braço Taquacetuba (na Billings), para a Guarapiranga. Curiosamente, no ano anterior, o problema foi o inverso: as represas tinham com água em excesso e foi preciso fazer a “sangria” para evitar transbordamentos.

Em 2002, a gestão da SABESP sofreu mudança importante com a sua descentralização em unidades de negócios e abertura para participação privada internacional, com a oferta de ações na bolsa de valores de Nova York⁵². Para Rodrigues; Villela, a transformação da SABESP em empresa público-privada de capital aberto “pode ter sido a mola propulsora para uma mudança de rumos quanto à prioridade dos investimentos de caráter preventivo, na contramão de princípios legais e da agenda científica global” (2016, p. 405).

Em 2003, uma nova estiagem prolongada desencadeou racionamento de água para 440 mil moradores dos municípios Cotia, Embu-Guaçu, Embu das Artes, Itapequerica da Serra e Vargem Grande, atendidas pelo sistema Alto Cotia e Guarapiranga durante dois meses. Curiosamente, embora o nível do sistema Cantareira estivesse em algo próximo aos 5%, não aconteceu racionamento. O gráfico abaixo mostra que o sistema Cantareira demorou cerca de cinco anos para se recuperar. Também é possível ver que logo em seguida, em 2010, o sistema tornou-se uma ameaça no sentido contrário, já que seus reservatórios completamente cheios beiravam o transbordamento.

⁵² A composição acionária é: 24,0% de ações na bolsa de Nova York, 25,7% das ações na BM-Bovespa e 50,3% de ações em posse do governo do estado (Rodrigues; Villela, 2016, p. 405).

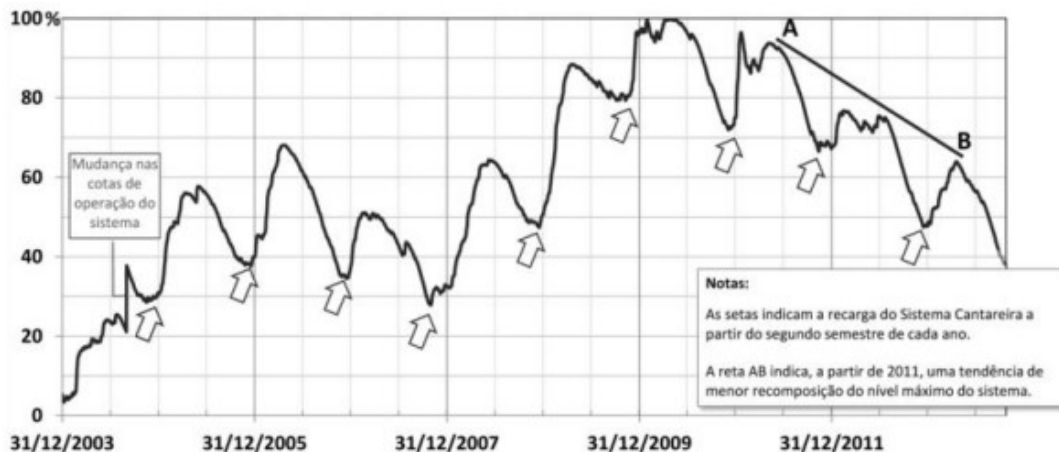


Figura 23 Evolução do nível de armazenamento do sistema Cantareira entre dezembro de 2003 e dezembro de 2011. Fonte: Rodrigues; Villela (2016, p. 412).

Após este breve momento de chuvas acima da série histórica, teve início em 2011 um período com precipitações abaixo da média, que culminou com a “crise hídrica” de 2014-2015, que atingiu o sistema Cantareira profundamente.

Segundo relatório do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), uma zona de alta pressão bloqueou as frentes da Amazônia, da Zona de Convergência do Atlântico Sul e do polo sul, dificultando a formação de chuvas sobre a região sudeste⁵³(apud CHESS, 2015, p. 09). O estudo afirma que “o sistema meteorológico causador da falta de chuvas na maior parte do setor leste do país não pôde ser previsto com antecedência de semanas ou meses” (Idem).

Apesar da capacidade de reservação do Cantareira ter atingido números negativos⁵⁴ (-9,5% em maio de 2015), o racionamento não foi declarado pelo governador e candidato à reeleição Geraldo Alckmin. Embora não oficialmente declarado, a partir de abril de 2014 boa parte dos cinco milhões de habitantes abastecidos pelo sistema foram submetidos a um racionamento na prática já que ao

⁵³ Por conta do fenômeno, entre outubro de 2013 e fevereiro de 2014, choveu apenas 444mm, menos de metade do esperado (995mm) para a região do sistema Cantareira.

⁵⁴ A Sabesp fez uma tentativa polêmica de disfarçar numericamente a situação ao incorporar na contabilidade o volume morto (ver próximo capítulo), mas decisão judicial obrigou a divulgação do índice baseado no volume original da represa.

reduzir a pressão noturna na rede para diminuir as perdas físicas de água⁵⁵, a SABESP fez com que a água não saísse das torneiras entre o anoitecer e o amanhecer de todos os dias. A partir de novembro de 2014, a ausência de chuvas, a pouca transparência do Governo do Estado, o silêncio da SABESP e a cobertura diária da imprensa sobre a queda nos volumes dos reservatórios fizeram que a população da RMSP chegasse à beira do pânico.

Como veremos detalhadamente no próximo capítulo, uma série de fatores atuaram em conjunto evitando a concretização do desastre anunciado. Em março de 2016, a “crise hídrica” foi dada como resolvida pelo governador reeleito, com a garantia de que o Cantareira suportaria até quatro anos de seca com o volume alcançado⁵⁶. No entanto, em maio de 2018 a possibilidade de uma nova “crise hídrica” voltou a povoar o imaginário da população porque o nível dos reservatórios estava mais baixo do que no ano anterior ao início da “crise”.

3.5 Drenagem urbana: os excessos de uma hidrografia indomável

Até meados do século XIX, a cidade continuava confinada à colina histórica situada entre os rios Anhangabaú e Tamanduateí e as intervenções para resolver problemas relacionados às águas eram relativamente simples. Para lidar com sua escassez, abriam-se poços ou melhoravam-se bicas, tanques e chafarizes. Pontes, pequenos aterros e valas manejavam os excessos.

A primeira intervenção de maior escala visando o controle de seus excessos foi a retificação e aterro do trecho do rio Tamanduateí compreendido entre a Ladeira do Carmo e a igreja de São Bento. Executada entre 1848 e 1851, conforme projeto do engenheiro alemão Carlos Bresser, a operação eliminou os meandros do rio. Estes eram um marco importante na paisagem da São Paulo antiga e, inclusive, haviam gerado o nome pelo qual o Tamanduateí era mais conhecido: “o rio das sete voltas”. A operação aboliu também a sua navegação.

⁵⁵ Segundo dados da própria SABESP, 19,8% se perde por meio de vazamentos em redes e ramais. Ver: <<http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaold=65&id=7045>>. Acesso em 09/07/2018

⁵⁶ Ver, por exemplo: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2016/03/questao-da-agua-esta-resolvida-diz-alcmin-sobre-crise-hidrica-em-sp.html>>. Acesso em 16 /07 /2018.

Custódio (2012, p. 84) conta que no ano seguinte a população exigiu o retorno ao seu traçado original já que a intervenção deixou o rio longe da cidade e dificultava o seu acesso. Surgiram focos de estagnação e para resolvê-los foi prometida a construção de uma eclusa, jamais realizada. De acordo com Sant'Anna, neste ano um grande temporal provocou inundações, destruição de moradias e afogamentos (2007, p. 149), o que deve ter evidenciado a ineficácia da obra também em relação à drenagem urbana, seu objetivo principal.

Novos estudos para este trecho do rio tiveram início em 1855, mas até 1886 pouco foi feito pelo poder público. Neste ínterim, aconteceram intervenções feitas por particulares, mas a movimentação de terra não conseguiu evitar que a grande inundação de 1875 atingisse as suas propriedades.

Em 1872 foi canalizado outro trecho do rio, entre o Ipiranga e Ponte Pequena. O aterramento que acompanhou a intervenção deu origem a uma faixa de terra com 300 metros de comprimento por 60 metros de largura, localizada entre o rio e um canal de drenagem. Em 1874, essa área recebeu tratamento paisagístico e equipamentos de banho e quiosque para venda de bebidas, transformando-se rapidamente em importante área de lazer popularmente conhecida como "Ilha dos Amores" (ver figura a seguir).



Figura 24 "Ilha dos Amores" do rio Tamanduateí. Fonte: <<https://saopaulosao.com.br/nossos-caminhos/1683-as-hist%C3%B3rias-cotidianas-da-cidade-caminhando-at%C3%A9-a-ilha-dos-sapos.html>>. Acesso em 06/07/2018.

No entanto, a ilha entrou em rápida decadência em 1888 quando a construção de um mercado de peixe obstruiu o canal junto à rua 25 de Março tornando-a mais vulnerável a inundações e à sujeira transportada pelas águas.

Aparentemente foi só em 1883 que se entendeu que a intervenção realizada décadas antes não era capaz de evitar as inundações porque desconsiderava o remanso do rio Tietê e o assoreamento da foz do Tamanduateí (Idem, p. 86). Apesar da importância da descoberta, ela não se desdobrou em intervenção física. E nem em política pública já que o Código de Posturas do Município de São Paulo, de 1886, abrangente e detalhado sobre vários tópicos, não se manifestou sobre as várzeas. Em 1887, a maior inundação já registrada até então engoliu todos os aterros existentes, alcançando algumas ruas e casas.

Procedeu-se então a uma nova avaliação técnica. O engenheiro Bianchi Betoldi, valendo-se dos levantamentos e planos do engenheiro francês Jules J. Révy, produziu um relatório apontando causas da inundação e soluções:

Uma das causas das crescentes inundações (...) atribue-se ao levantamento do fundo dos rios provenientes do assentamento dos detritos que são levados continuamente pelas águas. E por essa razão com o correr dos annos e com o desmoronamento dos barrancos, hão de tornar-se sempre mais difficeis as condições de escoamento, ao menos que não se trate seriamente de conservar e argumentar a zona bosquiva nas cabeceiras e nos valles dos affluentes. Este melhoramento é porem irrealizavel na Província de São Paulo devido ao desenvolvimento sempre crescente da cultura de canna e do café e da grande e pequena lavoura que importa a destruição das melhores florestas. (...) convem reconhecer a utilidade de aproveitar o terreno das varzeas com agricultura apropriada aos terrenos alagadiços. (...) A cidade de São Paulo que desde a época da sua fundação está suportando os effeitos dos erros da geração passada pelo descuido com que tratou a systemação de suas vias de comunicação com os arrabaldes, previna-se a ficar convencida ser inutil tentar de impedir as

inundações na varzea do rio Tietê (apud Oliveira; Figueirôa, 1984, p. 57).

Custódio destaca que a visão integrada apresentada pelo engenheiro, relacionando aspectos relativos a uso do solo, vegetação, relevo, água e interdependência entre municípios, só reapareceria nos anos 1960 (2012, p. 89). Neste meio tempo, como vimos anteriormente, os maiores rios da cidade, Pinheiros e Tietê, tiveram seus meandros eliminados e suas várzeas drenadas para serem ocupadas e transformadas em sistema viário. Acabava assim praticamente toda a capacidade natural que a paisagem tem de lidar com as variações sazonais nos regimes pluviométricos e de vazão dos cursos d'água. Exceção foi o Parque Ecológico do Tietê projetado pelo arquiteto Ruy Othake e entregue em 1982. Parcialmente executado, seus 14 milhões de metros quadrados configuram uma área multifuncional com os objetivos principais de proporcionar lazer para a população e preservar um pedaço da várzea do Tietê.

Segundo Travassos (2004), “até a década de 1920, as várzeas dos rios eram pensadas somente a partir de suas especificidades urbanas locais” (p.78). A autora explica que nas primeiras décadas do século XX estabeleceu-se o paradigma que atrelava a drenagem à transformação dos domínios da água em solo urbano destinado sobretudo à construção de vias. Tecnicamente isso era viabilizado por meio da canalização dos cursos d'água com aumento da condutividade hidráulica. Em sua avaliação, os conceitos de drenagem urbana não sofreram alterações significativas ao longo do século XX. Em linhas gerais pode-se dizer que para responder ao aumento do escoamento superficial da água da chuva causado pela supressão das áreas verdes e pela impermeabilização do solo, as intervenções se sucediam sempre visando o mesmo objetivo: “aumento das vazões dos rios e córregos, com a finalidade de afastar rapidamente toda a água precipitada do meio urbano” (p. 79).

Somente nos últimos anos do século XX, e após quase duas décadas de inundações cada vez piores e limitação crescente quanto ao uso da Billings para

macrodrenagem⁵⁷, é que o padrão foi alterado a partir da elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (PDMAT), iniciada em 1998.

Partindo do pressuposto que os três maiores rios da cidade (Tietê, Pinheiros e Tamanduateí) não comportam acréscimo em suas vazões, o PDMAT estabeleceu o paradigma da “vazão de restrição” segundo o qual as intervenções feitas na hidrografia não podem aumentar as vazões nem dos rios principais e nem de seus afluentes. Ao invés disso, as intervenções devem ser feitas de maneira a conter localmente a água precipitada, armazenando-a para, se for o caso, proceder a sua lenta liberação com vistas a diminuir os picos de vazão. Travassos (2004) explica que há duas maneiras de alcançar este objetivo em ambientes urbanos: o planejamento do uso do solo e a construção de estruturas de detenção ou de retenção.

Este paradigma desencadeou mudanças na legislação e se desdobrou em algumas intervenções importantes na paisagem urbana, a começar pelo rebaixamento das calhas dos rios Tietê (realizada entre 1998 e 2005), e Pinheiros (sob o nome de desassoreamento e em execução desde 2011). Para além de seus benefícios concretos, estas intervenções eram fundamentais conceitualmente porque a partir delas foram definidas as vazões de restrição de ambos os rios e conseqüentemente, das vazões de restrição dos seus afluentes. Custódio (2012, p. 107) informa que vazão nos projetos de canalização de córregos foi reduzida de 4m³ /s para 2 m³ /s.

Os protagonistas absolutos deste novo paradigma de drenagem urbana são os reservatórios de detenção ou de amortecimento, popularmente conhecidos como “piscinões”. Embora conceitualmente compensem o regime hidráulico das várzeas, na prática são muito criticados e rejeitados pela população devido a questões sanitárias e de aparência, embora o localizado na praça Charles Miller, ao lado do estádio do Pacaembu, deponha em sentido contrário. Seja como for, estudos

⁵⁷ Em razão da degradação da qualidade da água da represa Billings, as resoluções estaduais SMA/SES de 03/1992 e SEE-SMA-SRHSO-I, de 13/03/96, vedaram o bombeamento do rio Pinheiros para a Billings, exceto em situação de controle de cheias.

realizados no âmbito do terceiro PDMAT definiram que para equacionar as inundações da RMSP será necessário acrescentar 160 piscinões aos 54 já existentes⁵⁸.

Observa-se que essas novas diretrizes de drenagem urbana coexistem com o paradigma anterior em vários momentos. Um exemplo recente, aconteceu na zona oeste de São Paulo. Realizadas entre 2013 e 2016, e a um custo de 146 milhões de reais, as “obras de canalização” dos já canalizados córregos Sumaré e Água Preta, consistiram basicamente em recanalizar os cursos d’água em galerias maiores, operando, portanto, segundo a lógica superada do aumento da condutividade hidráulica. Outra percepção é que na prática o controle do uso do solo desempenha papel praticamente irrelevante neste novo paradigma.

Exceção importante aconteceu durante um breve período, entre 2006 e 2012, em que foram criados parques lineares amparados na figura da “rede hídrica estrutural” presente no Plano Diretor Estratégico (PDE) de 2002. A lei n. 13.430 desautorizou a transformação da hidrografia em sistema viário para redefini-la como estruturadora do tecido urbano. A partir deste momento “cursos d’água e fundos de vale” transformam-se em “eixos ao longo dos quais serão propostas intervenções urbanas para recuperação ambiental – drenagem, recomposição de vegetação e saneamento ambiental” (SÃO PAULO, 2002).

SABESP, Secretaria do Verde e Meio Ambiente e outros órgãos ligados à Prefeitura de São Paulo, conseguiram se articular para a limpeza de córregos (Programa Córrego Limpo) e requalificação paisagística de seus entornos por meio da criação de parques lineares. Neste breve período foram construídos cerca de 25 dos 300 parques lineares propostos no PDE e nos Planos Estratégicos Regionais (IKEDA, 2012, p. 258). No entanto, o ritmo de construção diminuiu drasticamente nos anos seguintes por conta do rompimento do convênio entre SABESP e

⁵⁸ Segundo <<https://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,estado-planeja-rebaixar-mais-o-tiete-e-o-pinheiros-e-construir-160-piscinoes,10000020938>>. Acesso em 05/07/2018.

prefeitura de São Paulo e aparentemente, também devido a problemas nos parques lineares executados⁵⁹.

3.6 Esgotamento sanitário: hidrografia castigada entre o excesso e a escassez

O esgotamento sanitário da RMSP é uma atividade que simultaneamente gera escassez e excesso de água.

O primeiro esboço de uma rede de esgoto em São Paulo data de 1863. O estudo, que incluía também um sistema de abastecimento, foi feito pelo engenheiro inglês James Brunless a partir de plantas topográficas. Apesar do governo da província determinar o início dos trabalhos em 1870, só foram iniciados de fato com a criação da Cia Cantareira em 1877⁶⁰.

O serviço de esgotamento prestado pela companhia era ainda pior que o de abastecimento. A rede de esgotos construída para o bairro da Luz, embora concluída em 1881, só foi aceita e paga pelo governo provincial em 1893, sob a alegação de má execução (FERRARA, 2013, p. 61). Prenúncio do que seria praxe a partir de então, as obras de esgotamento progrediam mais lentamente do que as de abastecimento, só ganhando algum ritmo quando a Cia Cantareira foi encampada pela província. Embora não houvesse qualquer tratamento no esgoto coletado, a rede possuía alguma sofisticação para a época já que contava com uma usina elevatória (Ponte Pequena) para destinar os esgotos da região do Brás e Mooca ao rio Tietê (SABESP, 2008, p. 5).

Estudo analisando o esgotamento municipal foi apresentado por Saturnino de Brito em 1926, no âmbito da Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê. O relatório destacava como pontos críticos o uso do sistema misto que transportava esgoto e

⁵⁹ De acordo com comentário de funcionário em posição de comando na Secretaria do Verde e Meio Ambiente. Um aspecto especialmente problemático no que diz respeito ao projeto da maioria destes parques lineares é que não foram executados para reduzir a condutividade hidráulica, ao contrário, enfatizaram a lógica da canalização para condução de vazão.

⁶⁰ Parte do atraso talvez possa ser atribuída à uma desconfiança generalizada sobre a real capacidade de funcionamento de uma rede de esgoto já que também esta dependeria largamente da instalação de tubulações que haviam mostrado péssimo desempenho na rede de abastecimento (Sant'Anna, 2007, p. 145).

águas pluviais na mesma rede, e usos conflitantes da água entre sistemas de geração de energia, esgotamento sanitário e abastecimento.

Embora na década de 1930 tenham sido feitos experimentos com o tratamento de esgoto nas imediações de Ponte Pequena e Ipiranga, foi só em 1957 que entrou em operação a estação de tratamento de esgoto Vila Leopoldina, a primeira da cidade. São Paulo chegava aos anos 1960 com quase quatro milhões de pessoas e apenas 35% da população ligada à rede de esgoto.

Nesta década surgiram grandes planos de saneamento. O Plano Hilbrace, desenvolvido entre 1964 e 1968 e o projeto Hazen & Sawyer, de 1965 a 1967, defendiam o lançamento de esgoto puro na represa Billings, com tratamento em lagoas de estabilização, divergindo sobre a melhor localização destas.

Em 1970, a Solução Integrada defendia que o rio Pinheiros voltasse a correr em seu sentido original e continuasse recebendo os esgotos por gravidade. As ETEs Vila Leopoldina e Pinheiros captariam então essas águas poluídas para realizar tratamento em nível primário e a ETE Vila Leopoldina seria equipada com um túnel que passaria sob a serra da Cantareira para levar os efluentes para represa de Pirapora, onde seriam tratados em nível secundário e lançados no rio Tietê. O plano foi cancelado em 1975. Neste ano, a população da RMSP beirava 9,5 milhões de pessoas, das quais apenas 36% tinham seu esgoto coletado e 4,7% tratado em nível primário (Ferrara, 2013, p. 114).

No ano seguinte surgiu o Plano Diretor Sanegran determinando a interceptação e coleta de esgotos localmente para tratamento em grandes ETEs (Barueri, ABC e Suzano). Segundo Ferrara, “a construção de um sistema de esgotos baseado em estações elevatórias, coletores-tronco e grandes estações de tratamento consolidou um modelo que se mantém até hoje” (2012, p. 114). A autora informa que a proposta recebeu críticas por seu gigantismo e alto custo.

Embora o alto índice de atendimento alcançado em poucas décadas testemunhe o sucesso da proposta, há fragilidades. Seu enorme caráter centralizador requer muito planejamento – sempre de longo prazo - e constante negociação entre diferentes prefeituras e entre estas e a esfera estadual, o que

muitas vezes, torna-se difícil ou até mesmo inviável, sobretudo devido a diferentes interesses político partidários. Para Ferrara, outra fragilidade é que o “tratamento tecnicista do saneamento construído desde os anos 1950 (...) distanciou-o da possibilidade de sua constituição enquanto política ambiental e como elemento fundamental do desenvolvimento urbano” (Idem, p. 117).

Se o esgotamento da RMSP gera escassez de água de boa qualidade dentro de seu domínio geográfico por não ser tratado em sua totalidade, ao mesmo tempo acrescenta um enorme volume na mesma hidrografia já que é o destino final da gigantesca importação que a RMSP faz dos rios da bacia do PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiá).

Obviamente, o que não se perdeu com vazamentos na rede de distribuição é consumido e conseqüentemente, em sua maior parte, transformado em esgoto que alcança a hidrografia metropolitana ainda *in natura* ou tratado em uma das cinco estações de tratamento de esgoto da região metropolitana (Barueri, Suzano, ABC, Parque Novo Mundo e São Miguel). Somadas, as vazões das estações podem chegar a 18m³/s, segundo dados disponíveis no site da SABESP. Como ainda é diminuto o reuso desses efluentes, esse enorme volume chega quase que integralmente ao rio Tietê. A figura abaixo traz as localizações das ETES.

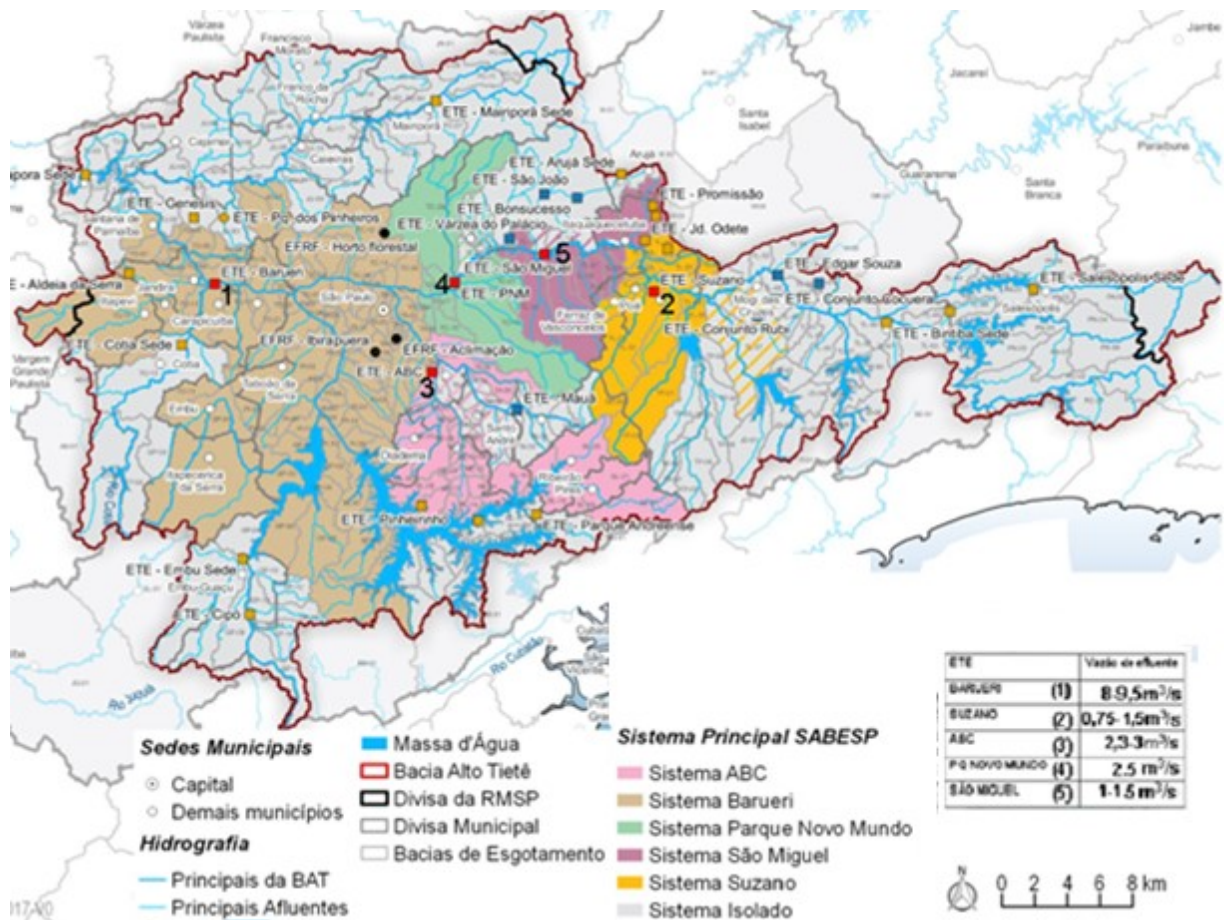


Figura 25 Localizações e vazões das ETEs da RMSP e respectivas áreas atendidas. Adaptado pelo autor a partir de: < http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-AT/12553/apresentacao-oficina-tecnica-2-qualidade-da-agua_esgotamento-sanitario_residuos-solidos.pdf >. Acesso em 22/11/2018.

3.7 A formação da região metropolitana

Langenbuch (1971) avalia que o arranjo espacial da Grande São Paulo foi definido entre 1875 e 1915. A rede ferroviária definiu polos e eixos de crescimento, induzindo o desenvolvimento das futuras cidades de Santo André, São Caetano, Mauá, Osasco, Carapicuíba e Barueri. Reservas florestais foram criadas, reforçando a topografia da Serra da Cantareira como principal barreira natural à expansão urbana. Importantes uso de solo, que seguem até hoje, foram definidos no período: represas na zona sul da cidade e mineração na zona norte (Perus, Caieiras e Cajamar) (p.335-336).

Segundo o autor, a maior parte do desenvolvimento metropolitano posterior se adapta ao padrão estabelecido neste período, sendo a malha rodoviária provavelmente a única exceção (p. 334-335). Esta conquista protagonismo em 1940

com a chegada de um novo tipo de rodovia, de melhor qualidade e maior velocidade, a autoestrada. A nova rede viária e a crescente especulação imobiliária aumentaram o valor do solo urbano em áreas consolidadas, impulsionando a migração de indústrias, residências e atividades agrícolas para a periferia da cidade e municípios vizinhos. Bairros industriais importantes como Brás, Penha e Mooca entraram em decadência e surgiram novos polos de desenvolvimento urbano como Guarulhos e São Bernardo, que não eram servidos pela ferrovia.

A densidade populacional nas imediações das estações ferroviárias mais distantes aumentou e estas passaram a atrair as indústrias e loteamentos residenciais. Segundo Reis (2004, p. 197), os loteamentos eram geralmente irregulares, com casas construídas pelos próprios moradores de modo precário, abastecimento via água de poço e esgotamento em fossas a poucos metros de distância, havendo, portanto, grande chance de contaminação do lençol freático. Segundo o autor, quando esse processo se generalizou a partir de 1945, “a maior parte da periferia da cidade passou a se caracterizar como um cenário de devastação, pela forma de violência contra a paisagem com que esses loteamentos eram abertos” (p. 200).

Nas áreas dos mananciais associados às represas Billings e Guarapiranga, essa dinâmica de expansão urbana ganhou tons dramáticos com a chegada das vias marginais nos anos 60 e com a consolidação do parque industrial de Sto. Amaro. A fim de frear a ocupação irregular e adensada nestas áreas, o Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado (1971) e a Lei Estadual de Proteção aos Mananciais (1975) criaram regulações urbanísticas visando manter a predominância da paisagem rural, uso do solo mais compatível com a conservação dos mananciais. No entanto, o efeito foi oposto ao pretendido já que se verificou uma forte desvalorização nos terrenos, o que somado à proximidade de empregos de baixos salários e fiscalização insuficiente tornaram loteamentos clandestinos e favelas o padrão predominante de ocupação.

Embora já fosse uma realidade há muito tempo, a tentativa de lidar com o fenômeno da metropolização de São Paulo só ocorreu em 1967 com o decreto

estadual n. 47.863, seguido pela lei complementar federal n.14 de 8 junho de 1973 que criou a Região Metropolitana de São Paulo.

Meyer; Grostein (2004, p. 41) informam que neste momento o poder público estava comprando grandes glebas rurais no extremo leste da cidade, bem como em municípios vizinhos à oeste e norte, a fim construir conjuntos habitacionais. No entanto, a atuação do estado não foi capaz de reverter a maneira precária como esses locais vinham se urbanizando. Ao contrário, a convivência com os loteamentos irregulares, a desconexão entre os conjuntos habitacionais e a estrutura urbana, e a ausência de políticas públicas para geração de emprego e renda, geraram uma urbanização extensiva e precária (Idem, p. 42). Segundo as autoras, as duas primeiras décadas da RMSP foram marcadas por um processo de urbanização que destruiu 31% de suas matas. Entre 1965 e 1990, a urbanização da RMSP transformou 1021km² de área rural em cidade, o que significa um acréscimo de 137% aos 745km² de solo urbano de 1965. Interessante notar que apenas um quinto da área transformada localizava-se no município de São Paulo. Na imagem abaixo, que ilustra o crescimento da mancha urbana, é possível observar o avanço da cidade sobre as represas Billings e Guarapiranga.

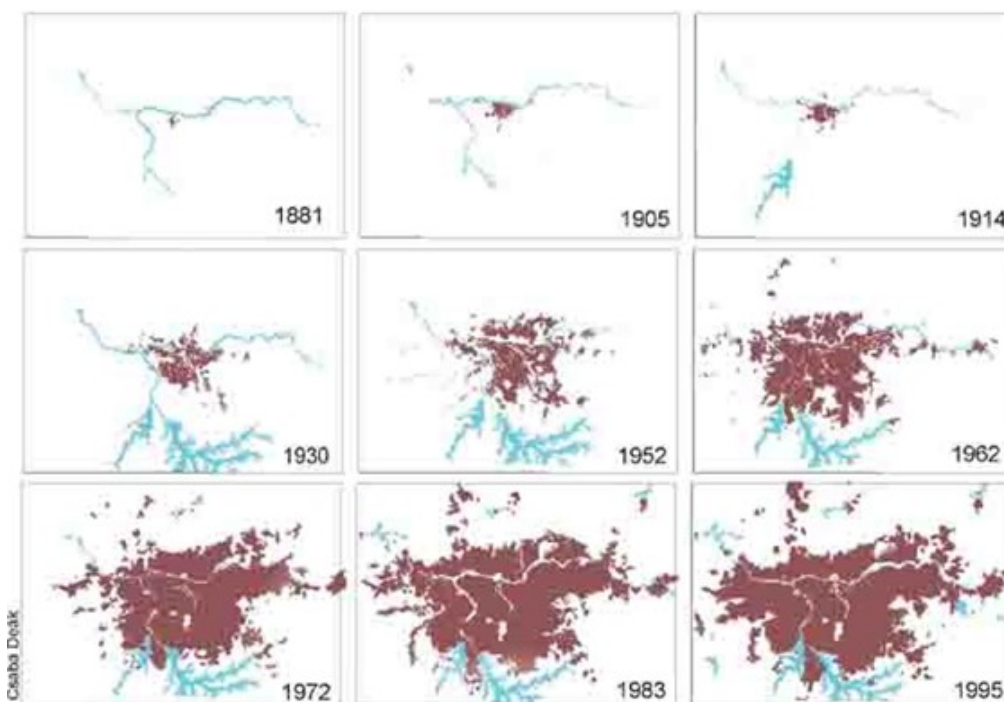


Figura 26 Evolução da mancha urbana entre 1881 e 1995. Adaptado pelo autor a partir de <http://www.fau.usp.br/docentes/deprojeto/c_deak/CD/5bd/1rmsp/m02-evol/index.html>

3.8 Tendências para o futuro

Segundo Schutzer (2012b, p. 164) as autoestradas seguem funcionando como eixos de dispersão urbana. A próxima figura mostra as principais rodovias. Já a malha ferroviária paulistana atualmente pouco contribui para a expansão metropolitana. Praticamente estagnada, com a exceção de alguns poucos quilômetros construídos nas últimas décadas pelas companhias Metrô e CPTM (Companhia Paulista de Trens Metropolitanos), desempenha, no entanto, relevante papel no que diz respeito ao adensamento do tecido urbano.

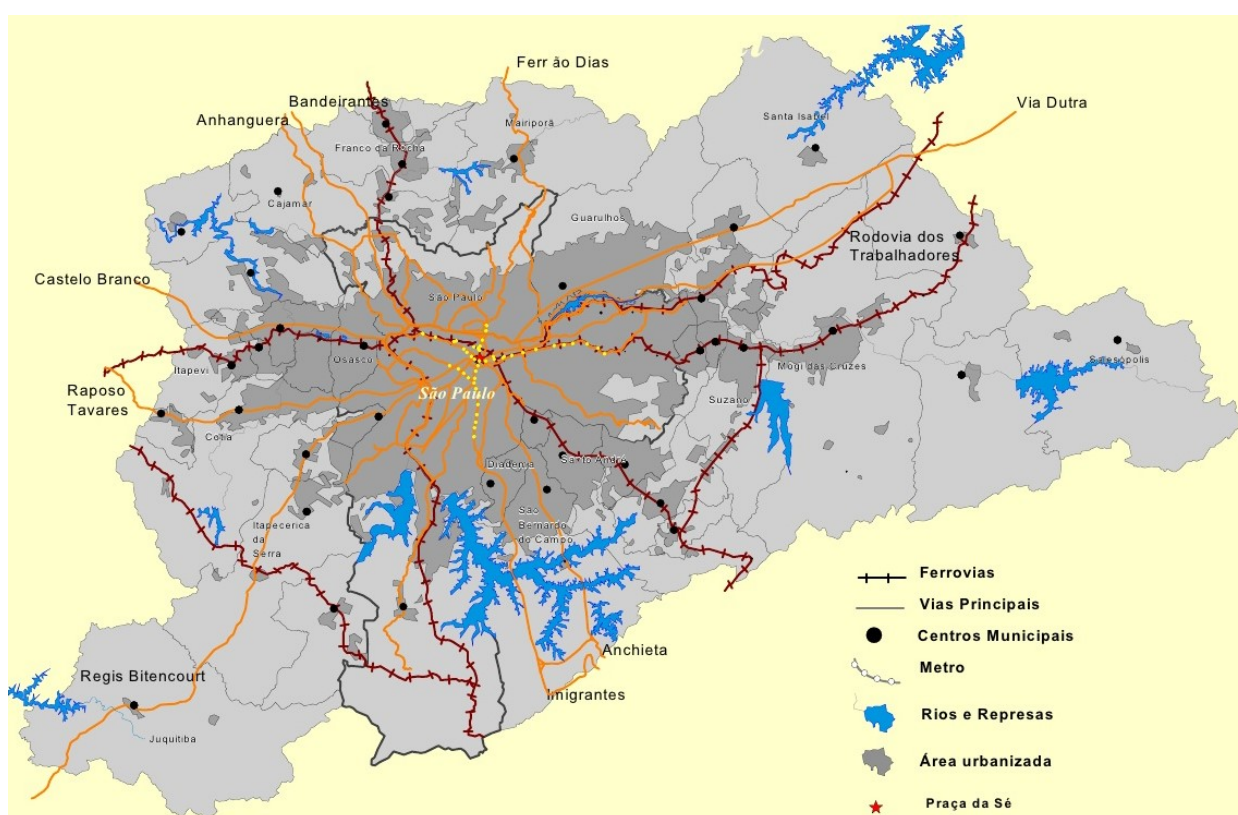


Figura 27 Mancha urbana e sistema de circulação na RMSP. Fonte: < <https://pt.slideshare.net/mackenzista2/sbcestrutura-urbana-rmsp-2010>>. Acesso: 30/06/2018.

O autor alerta que a expansão macrometropolitana está colocando sob pressão importantes compartimentos ambientais estruturantes da paisagem: os divisores de água dos rios Juqueri, Jundiá, Atibaia e Tietê. Preocupante também é a situação da Serra da Cantareira pois os municípios de Mairiporã e Santana do Parnaíba apresentam taxas de crescimento anual acima de 3% (p. 311-312).

De uma maneira geral, verifica-se uma tendência de ocupação de todos os compartimentos de relevo (p. 292), com tendência a conurbação entre os municípios, sobretudo nas áreas de várzea. Segundo o autor, o padrão tipológico que se dispersa pelo entorno rural, seja ele industrial ou residencial (de baixa, média ou alta renda), é basicamente o mesmo da cidade compacta e, portanto, tem embutido em si “o germe de problemas ambientais futuros” (p. 147) – ilhas de calor, inundações e a fragmentação dos ambientes naturais.

Exceção seriam os condomínios de chácaras para os públicos de alta e média renda. Esta tipologia guarda uma relação mais harmônica com a sua base natural por uma tendência do arruamento ser feito de maneira orgânica, seguindo as curvas de nível do terreno, o que evita cortes e aterros. O tamanho dos lotes – entre 2000 e 5000 m² – permite a manutenção de grande parte da vegetação, linhas naturais de drenagem e permeabilidade do solo (p.131-132).

Especialmente preocupante para ser o futuro climático da região metropolitana e arredores. O relatório “Vulnerabilidade das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo”, que contém projeções climáticas até o horizonte de 2100, indica que entre 2070 e 2100, a temperatura média da região deverá subir entre 2 e 4°C e o número de dias com chuva intensa (acima de 10mm) irá dobrar. Haverá também o aumento no número de dias e noites quentes, o que aguçará o fenômeno das ilhas de calor e os problemas de saúde pública associados (NOBRE et al, 2010, 2011).

Segundo os modelos matemáticos, no período de 2030 a 2040, a tendência é a redução nos períodos secos prolongados na RMSP, mas com inversão da tendência a partir de 2080, quando os períodos secos consecutivos serão mais longos e as chuvas intensas ficarão concentradas em poucos dias (Idem, 2011, p. 62).

Young; Nobre (2012) apontam o sistema de drenagem como uma das maiores vulnerabilidades da RMSP. Os autores apontam as planícies dos rios Pinheiros, Tietê, Tamanduateí e Aricanduva como as de maior risco à saúde pública

porque são severamente contaminadas por esgoto e pela poluição difusa proveniente do sistema viário e de áreas desmatadas (p. 58).

As projeções de crescimento da RMSP apontam que até 2030 a mancha urbana crescerá cerca de 38% (Ibidem, p. 53), com a capital pouco se alterando em detrimento da periferia, que deverá receber novos assentamentos precários em terrenos de várzea, grotões de drenagem e encostas sujeitas (NOBRE et al, 2010, p. 18). Surgirão, portanto, novas áreas de risco e vulnerabilidade em relação a inundações e deslizamentos de terra.

Nobre et al advertem que há incerteza nas previsões oferecidas sobre as alterações nos padrões de precipitação decorrentes da emissão de gases do efeito estufa e que

Aparentemente o efeito da urbanização no clima da RMSP apresenta uma magnitude significativamente maior do que outras forçantes de mudanças ou variações climáticas, sejam aquelas devidas ao aquecimento global antropogênico resultante do aumento na concentração de GEE ou a variabilidade natural do clima (2010, p. 66-67)

Se depender do planejamento recente, o futuro climático parece ser especialmente sombrio no epicentro da RMSP. Isso porque o aumento da densidade ao longo dos eixos de mobilidade, como designado pelo mais recente Plano Diretor (Lei 16.050/2014), contribuirá consideravelmente com a elevação da temperatura urbana da capital pois prejudicará a ventilação irradiada pelo Espigão Central e a produção local de umidade atmosférica. Bonzi (no prelo) considera que a defesa intransigente da mobilidade e da habitação sobre outros aspectos da cidade, notadamente o “ambiental”, gerou um zoneamento que adensará a cidade sobre anfiteatros de nascentes e várzeas, desestabilizando ainda mais o ciclo hidrológico urbano, notadamente a evapotranspiração, o que amplificará os já graves problemas de inundações, alagamentos, ilhas de calor, poluição e desertificação.

Uma vez que a região metropolitana já é 3,5°C mais quente devido à ilha de calor (NOBRE et al, 2011, p. 43), em meados do século XXI é possível que os

habitantes da capital vivam uma realidade de 5,5 °C a 7,5 °C mais quente do que seria se a urbanização não tivesse contrariado tão profundamente os processos e as dinâmicas de sua base natural.

A reconstituição da história de São Paulo e arredores tomando como foco narrativo o surgimento e a sucessão de seus sistemas infraestruturais evidencia que os pioneiros tomaram partido da base natural da cidade. A paisagem fornecia a eles importantes recursos naturais e serviços ambientais para sua sobrevivência e prosperidade, tais como: proteção, abastecimento de água, caça, pesca, navegação e condições climáticas favoráveis a práticas agrícolas tradicionais.

Em meados do século XIX, inicia-se um processo de inflexão. Enquanto algumas novas infraestruturas são projetadas de maneira a tomar partido da base biofísica paulistana, notadamente as ferrovias Sorocabana e São Paulo Railway (instaladas nos primeiros terraços livres das cheias sazonais dos rios Tietê e Tamanduateí), surgem projetos hidráulicos para suprimir a presença de água na paisagem, nomeadamente a canalização do rio Tamanduateí e os primeiros esboços para retificação do rio Tietê.

Paradoxalmente, as operações urbanísticas hidrofóbicas iniciam-se justamente em um momento em que a população começa a ter dificuldades para obter água para o próprio consumo. Conforme revisão histórica realizada neste capítulo, o sistema de abastecimento de água da RMSP esteve sob o que hoje se chama de “crise hídrica” nos seguintes anos: 1828, 1841, 1846, 1862, 1902, 1903, 1905, 1906, 1907, 1910, 1924, 1925, década de 1940, 1958, 1963, 1964, 1969, 1985, 1994, 2000, 2003, 2010, 2014 e 2015.

O grave episódio que recentemente colocou São Paulo em alerta pode ser entendido, portanto, como resultado de quase dois séculos de urbanização e de produção infraestrutural feitas em conflito com a base natural da cidade, notadamente as suas águas.

4. O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DA RMSP, AS FORÇAS SOCIAIS E NATURAIS INCIDENTES, E AS INTERAÇÕES COM OUTROS SISTEMAS INFRAESTRUTURAIIS

Devido ao fato da região metropolitana estar inserida quase que totalmente no alto curso do rio Tietê⁶¹, ela possui uma baixa disponibilidade hídrica natural, produzindo localmente, na chamada Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT), cerca de 50% dos 72 m³/s consumidos pela RMSP. O restante é quase totalmente importado da bacia vizinha à noroeste, a PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiá), via reversão. A próxima figura contextualiza a BHAT em relação às bacias hidrográficas vizinhas.



Figura 28 Área da BHAT com indicação das bacias hidrográficas vizinhas e municípios da RMSP (em cinza). Fonte: Gaviolli, 2013, p. 70.

As tentativas de driblar a baixa disponibilidade hídrica natural da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) geraram uma hidrografia bastante alterada por grandes represamentos construídos para regular e reter vazões. Uma hidrografia que historicamente foi alvo de disputas entre diferentes sistemas de infraestrutura

⁶¹Segundo o relatório de Situação dos Recursos Hídricos – URGHI 06, os municípios que não estão inseridos na BHAT são Guararema, Santa Isabel e Vargem Grande Paulista. Gaviolli (2013, p. 70-71) no entanto, destaca que outras bases acrescentam à lista Juquitiba e São Lourenço da Serra (não seriam pertencentes à bacia hidrográfica Ribeira de Iguape/Litoral Sul) ou ainda transferem o município de Vargem Grande Paulista para a bacia hidrográfica Tietê/Sorocaba e Guararema e Santa Isabel para a Bacia Hidrográfica Paraíba do Sul. Seja como for, vale notar que a RMSP praticamente coincide espacialmente com a área da BHAT.

(abastecimento de água, esgotamento sanitário, geração de energia, mobilidade e drenagem urbana)⁶² e que perdeu progressivamente os usos tradicionais da população, tais como pesca, obtenção de material de construção, dessedentação de animais, irrigação, transporte, esporte e lazer.

Às limitações quantitativas da BHAT sobrepõem-se graves problemas qualitativos já que seus recursos hídricos encontram-se degradados pelo crescimento desordenado, pela explosão populacional ocorrida durante o século XX e por investimentos financeiros insuficientes no setor, ainda que algumas das cidades da RMSP, São Paulo notadamente, estejam entre os municípios com melhores índices nacionais de saneamento básico.

A hidrografia também gera disputas com outras cidades uma vez que a RMSP está conectada hidraulicamente com a Região Metropolitana de Campinas (RMC) já que ambas utilizam o sistema Cantareira e com a Região Metropolitana na Baixada Santista (RMBS) para quem a geração de energia na Usina de Henry Borden implica em descargas da represa Billings no rio Cubatão, que são posteriormente utilizadas no abastecimento público e industrial. Também há uma conexão no sentido inverso já que o abastecimento da RMSP se vale de duas transposições de pequeno porte, dos rios Capivari e Guaratuba.

Operado pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo)⁶³ desde 1973, o sistema de abastecimento de água atende 30 dos 39 municípios que compõem a RMSP, o que corresponde a 19,3 milhões de habitantes segundo dados do último censo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e

⁶² Em nossa área de estudo, talvez o exemplo mais eloquente de conflito entre infraestruturas seja a represa Billings. Criada originalmente para reservar água para a usina hidrelétrica Henry Borden, seu dimensionamento foi feito contando com vazões da reversão do rio Pinheiros, o que hoje só pode acontecer em situações excepcionais devido à poluição do rio, conforme a resolução Conjunta da Secretaria de Meio Ambiente e da Secretaria de Energia e Saneamento do Estado de São Paulo de 04 de outubro de 1992. Sem a vazão da reversão do Pinheiros, a usina tem funcionado a maior parte do tempo com apenas 25% de sua capacidade. Atualmente a função principal da Billings é o controle de cheias.

⁶³ A SABESP foi criada por meio do projeto de Lei nº 119 de 1973, que fundiu vários órgãos que atuavam na prestação de serviços de água e esgoto na capital como COMASP (Companhia Metropolitana de Águas de São Paulo), SANESP (Companhia Metropolitana de Saneamento de São Paulo) e SAEC (Superintendência de Água e Esgotos da Capital). Embora tenha sido criada com a intenção de atuar em todo o estado de São Paulo, a adesão dos municípios era facultativa (GAVIOLLI, 2013, p.55).

Estatística) de 2010. Destes 30 municípios, cinco têm suas redes de distribuição operadas pela municipalidade (Guarulhos, Mauá, Mogi das Cruzes, Santo André e São Caetano do Sul). Ou seja, compram água da SABESP no atacado.

Oficialmente denominado SIM (Sistema Integrado Metropolitano), até o início da “crise hídrica” de 2014-2015 era composto de nove sistemas produtores baseados em grandes reservatórios que captam águas superficiais: Alto e Baixo Cotia, Alto Tietê, Cantareira, Guarapiranga, Ribeirão da Estiva, Rio Claro, Rio Grande e Capivari.

Esses sistemas produtores são ligados aos centros de consumo através de um complexo dotado de nove estações de tratamento (ETAs), 1.300 km de adutoras, 153 centros de reservação, 52 torres, 98 estações elevatórias, 24 boosters⁶⁴ e algo em torno de 36.000 km de redes de distribuição. A imagem abaixo mostra a área de atendimento dos principais sistemas.

⁶⁴ Booster é uma bomba que adiciona pressão ao sistema de distribuição de água.

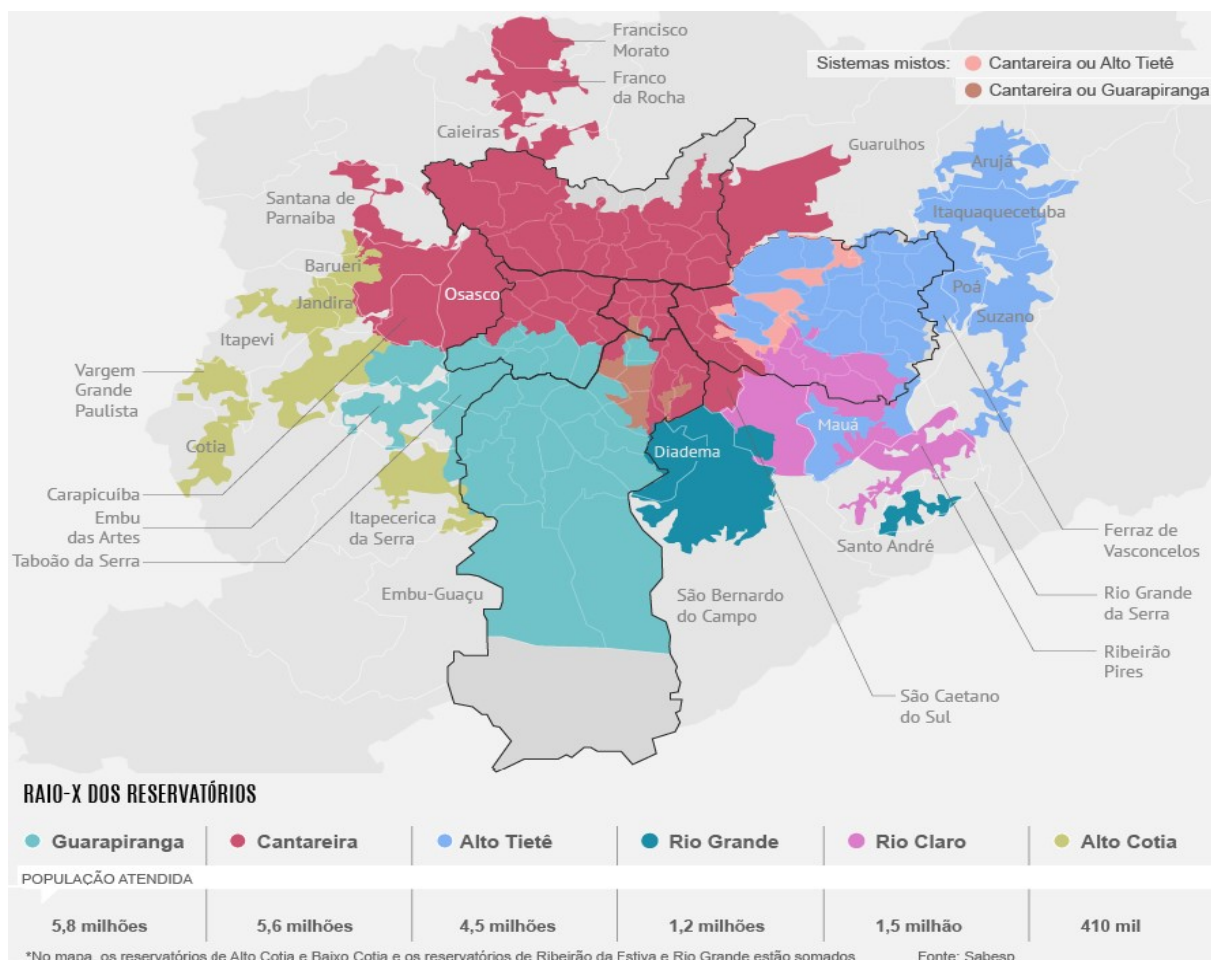


Figura 29 Áreas de atendimento dos subistemas que abastecem a região metropolitana de S.Paulo. Fonte: UOL Notícias, 2014. Disponível em: < <http://noticias.uol.com.br/infograficos/2014/02/14/veja-qualis-sao-os-reservatorios-de-agua-da-grande-sp.htm>>. Acesso em 15/08/2017.

O conjunto de adutoras, estações elevatórias e reservatórios é denominado Sistema Adutor Metropolitano (SAM).

De acordo com Borges et al é “o maior e mais complexo sistema de abastecimento que se tem conhecimento do mundo” (2017, p.29). E que praticamente universalizou o atendimento à população.⁶⁵ A seguir, descreve-se cada um dos subsistemas.

4.1 Sistema Cantareira

Conjunto de reservatórios que realizam a transposição das águas do alto curso do rio Piracicaba para a bacia do Alto Tietê. Conectados por túneis, canais e

⁶⁵ De acordo com pesquisa PNAD (Pesquisa Nacional de Atendimento a Domicílios) do IBGE, o índice de abastecimento de água na RMSM com canalização interna era 99,15%, em 2012.

pelo rio Juquery, estão dispostos em linha – Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro, conforme ilustra figura abaixo. A estação elevatória Santa Inês bombeia a água 120 metros acima para o reservatório Água Claras da onde, por gravidade, segue para a ETA Guaraú.



Figura 30 Diagrama do sistema Cantareira. Disponível em <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/outorgaefiscalizacao/sistemacantareira.aspx>. Acesso em 12/07/2016.

Com vazão estimada em 33 m³/s, o Cantareira é o principal sistema de atendimento da RMSP e até recentemente era o único responsável pelo fornecimento de água a 9 milhões de pessoas nos municípios de Franco da Rocha, Francisco Morato, Caieiras, Osasco, Carapicuíba, São Caetano do Sul e em partes da capital, Guarulhos, Barueri, Taboão da Serra e Santo André.

Os mananciais produtores estão inseridos, na maior parte, no Estado de São Paulo, na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 5 – PCJ, com pequeno trecho na URGHI 6 (Alto Tietê) onde o alto curso do rio Juquery abriga o reservatório de Águas Claras. Em Minas Gerais estão o rio Camanducaia, o alto

curso do rio Jaguari e pequena área da bacia hidrográfica do rio Cachoeira. Por conta disso toda a bacia possui gestão federal.

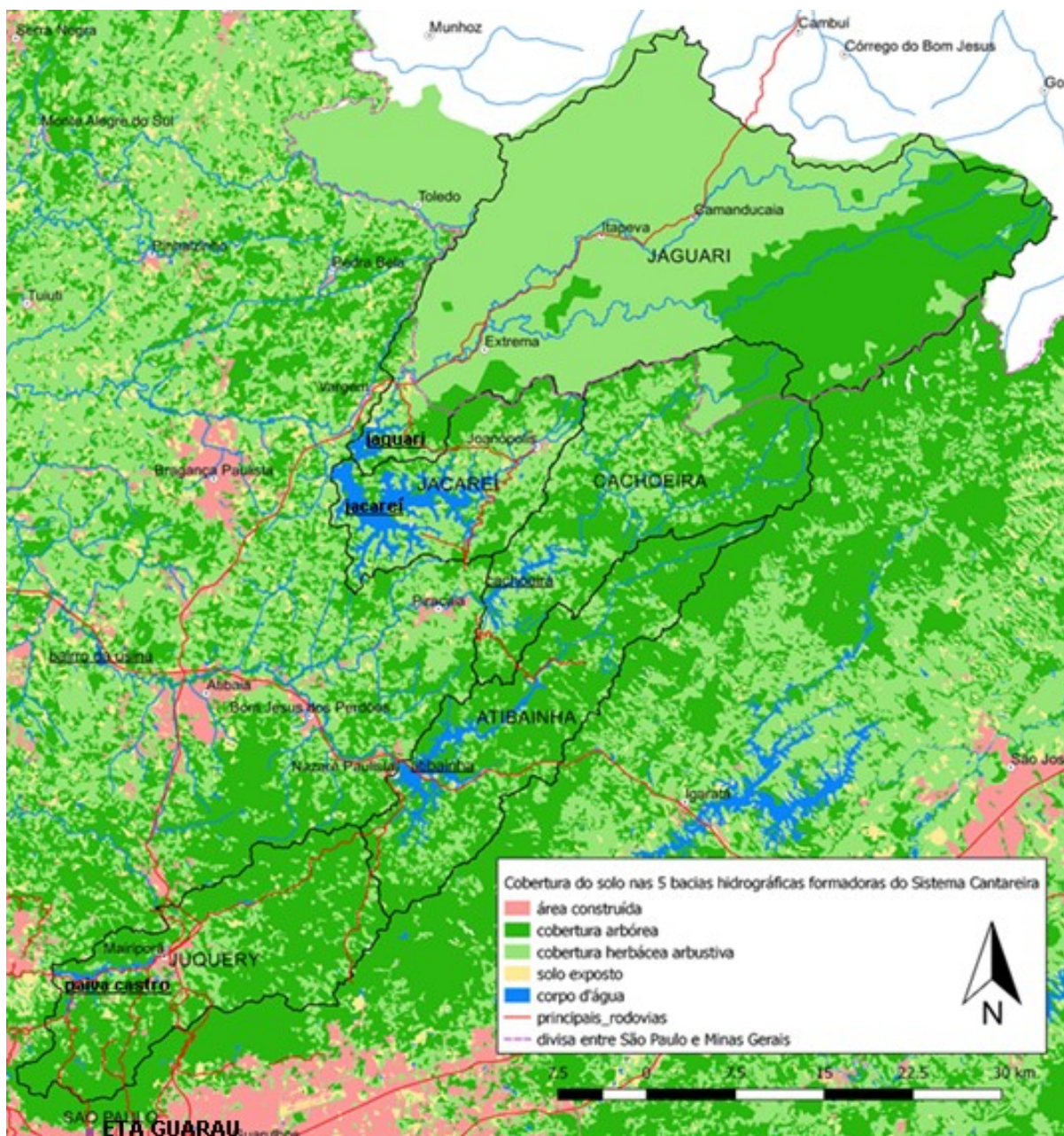


Figura 31 Mapa das bacias formadoras do Sistema Cantareira e uso do solo. Elaborado pelo autor.

A figura anterior mostra que o sistema pode ser subdividido em cinco subbacias produtoras – Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Juquery - cada uma delas tendo seu exutório em uma represa do sistema.

A área total de drenagem do sistema Cantareira mede 2280km², distribuídos em 12 municípios e o uso predominante do solo é não urbano, com a presença de

cerca de 20,5% de vegetação natural. De acordo com o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da bacia do PCJ (SÃO PAULO, 2016b, p. 121), o índice de qualidade de água bruta para fins de abastecimento público (IAP) é bom nas represas de Jaguari, Jacareí, Cachoeira e Atibainha.

Desde a década de 70 verifica-se a progressiva urbanização dessa área, impulsionada pelas rodovias Fernão Dias e Dom Pedro I e pela relativa proximidade da capital paulista. Para frear essa tendência foram criadas cinco unidades de conservação, sendo três delas áreas de proteção ambiental (as APAs Rio Piracicaba, Juquery Mirim e Sistema Cantareira) e dois parques estaduais (Cantareira e do Juquery). Como somente os parques foram implementados e estes totalizam apenas 1,4% da área de conservação proposta, a urbanização local acontece sem os devidos cuidados para com o meio ambiente.

Desmatamento e ocupação irregular das APPs em torno dos cursos d'água e nascentes são a regra. Considerável parte do esgoto municipal é jogada sem tratamento nos rios e córregos que formam as represas do sistema Cantareira, conforme mostra a próxima tabela.

Além do esgotamento sanitário inadequado, outra ameaça urbana aos mananciais do Sistema Cantareira é a carga de poluição difusa produzida no entorno das represas, notadamente por Mairiporã, que impacta a represa Paiva Castro e o rio Juquery. Como esse rio transporta para o reservatório toda a vazão produzida pelas demais represas do sistema, sua poluição compromete a boa qualidade das águas produzidas à montante, elevando assim a complexidade e o custo do tratamento de água na ETA Guaraú.

| MUNICÍPIO (% relativa à área contida na UGRHI PCJ) | População | Índice de coleta | Índice de tratamento | Principal destino do esgoto coletado | Quem opera o saneamento |
|--|------------------|-------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------|
| Bragança Paulista | 162.435 | 91% | 100% | Rib. Lavapés / Rio Jaguari | SABESP |
| Caieras | 97.016 | 76% | 0% | Rio Juquery e afluentes | SABESP |
| Camanducaia (MG) | 22.007 | 29,24 % | 0% | Rios Camanducaia e Jaguari | COPASA |
| Extrema (MG) | 33.729 | 29,45 % | 0,13% | Rio Jaguari | COPASA |
| Franco da Rocha | 147.650 | 59% | 0% | Afluentes do Rio Juquery | SABESP |
| Itapeva (MG) | 9.529 | 0% | 0% | Afluentes do rio Camanducaia | Município |
| Joanópolis | 12.837 | 89% | 100% | Rio Jacareí | SABESP |
| Mairiporã (11%) | 93.981 | 37% | 76% | Rio Juquery | SABESP |
| Nazaré Paulista | 17.959 | 38% | 100% | Rio Atibainha | SABESP |
| Piracaia (96%) | 26.841 | 85% | 90% | Rio Cachoeira | SABESP |
| Sapucaí-Mirim (MG) | 6.796 | 30,90 % | 0% | Rio Sapucaí-Mirim | COPASA |
| Vargem | 10.000 | 70% | 100% | Rib. Limeira /Rio Jaguari | SABESP |

Tabela 1 - Serviços de coleta e tratamento de esgoto dos municípios localizados nas bacias de drenagem que compõe o Sistema Cantareira. Estimativas populacionais segundo o IBGE e dados de esgotamento sanitário segundo CETESB (2016) para os municípios paulistas e FEAM (2015) para os municípios mineiros.

Outras fontes de poluição difusa são os pesticidas, fertilizantes e demais insumos aplicados nas pastagens e demais culturas agrícolas que configuram o uso predominante do solo nas bacias hidrográficas do Sistema Cantareira. Seja escoando superficialmente com a água da chuva, seja infiltrando e percolando até

os aquíferos subterrâneos, essas substâncias podem diminuir a qualidade dos mananciais. Outro problema advindo da atividade agropecuária é a transformação da vegetação nativa em pastagem, que muitas vezes são abandonadas dando origem a amplas áreas com solo exposto. Sem cobertura vegetal, a chuva causa erosão e transporta o solo para os corpos d'água, assoreando-os e diminuindo a sua capacidade de armazenamento.

Estudo do DAEE e COBRAPE de 2013 alertava que o Cantareira operava “com níveis baixos de garantia de fornecimento em virtude das restrições existentes a jusante na bacia do Rio Piracicaba, definidas na renovação da outorga” (p. 196). O documento estimava que a garantia de atendimento das demandas da RMSP⁶⁶ para a vazão de 33 m³/s era de 67% (Ibidem, p71).

Durante a “crise hídrica”, a SABESP tomou medidas para que parte desta população também pudesse ser atendida por outros sistemas reduzindo assim o contingente populacional que depende exclusivamente do Cantareira a 5,6 milhões de pessoas. A partir de setembro de 2013, bairros que antes eram atendidos pelo Cantareira foram conectados aos sistemas Guarapiranga, Alto Tietê, Rio Grande e Rio Claro, conforme imagem abaixo.

⁶⁶ Conforme metodologia “curva de aversão ao risco” determinada pelo termo de outorga.

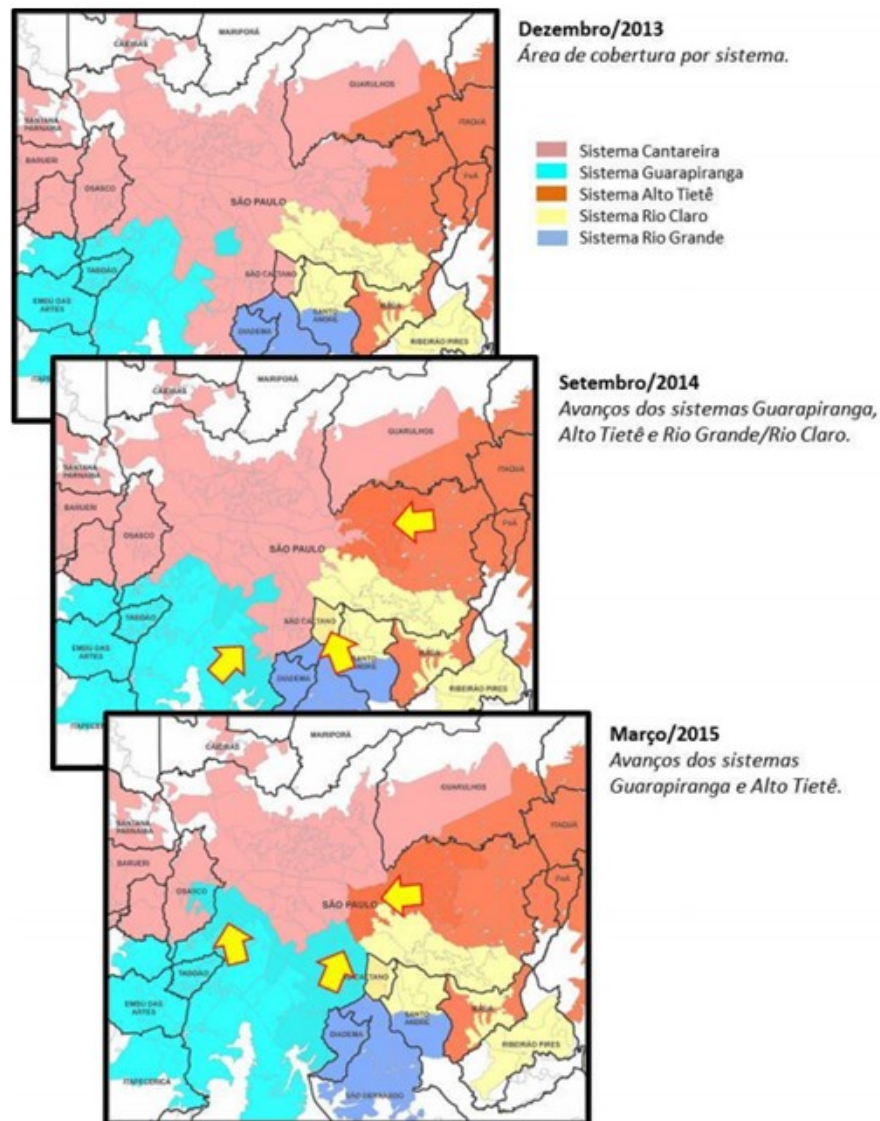


Figura 32 Área de cobertura do sistema Cantareira. Fonte: <http://site.sabesp.com.br>. Acesso em 20/06/2016.

As represas que compõe o sistema Cantareira também abastecem cidades fora da RMSP como Campinas, Paulínia, Valinhos e Piracicaba. A vazão reservada para esta região varia entre 3 e 5 m³/s (SABESP, 2015).

Trata-se de um sistema que em termos legais já teria atingido o seu limite de exploração para fins de abastecimento⁶⁷.

⁶⁷ O DAEE estabelece o limite máximo de captação de 50 da Q7,10 para fins de outorga de sub-bacias (DAEE; COBRAPE, 2013a, p. 74). Q7,10 é, a vazão mínima de sete dias sucessivos de estiagem e 10 anos de recorrência.

4.2 Sistema Alto Tietê

Sistema localizado nas cabeceiras do rio Tietê, nos municípios de Mogi das Cruzes, Salesópolis, Biritiba-Mirim, Suzano, Ribeirão Pires, Mauá, Paraibuna e Ribeirão Pires abastece a zona leste da capital, Suzano, Mogi das Cruzes, Ferraz de Vasconcelos, Poá, Itaquaquecetuba, Arujá, e partes de Guarulhos, Mauá e Santo André. Está inserida na UGRHI 6 (Alto Tietê).

A sua área de drenagem totaliza 1000km² aproximadamente e os principais rios explorados são o Tietê (próximo de suas nascentes), Rio Claro, Biritiba-Mirim, Jundiáí, Taiaçupeba e Paraitinga. É composto de cinco represas (Ponte Nova, Paraitinga, Biritiba, Jundiai e Taiaçupeba) que operam em cascata, ligadas por túneis, canais e pelo rio Tietê. Ver figura abaixo.

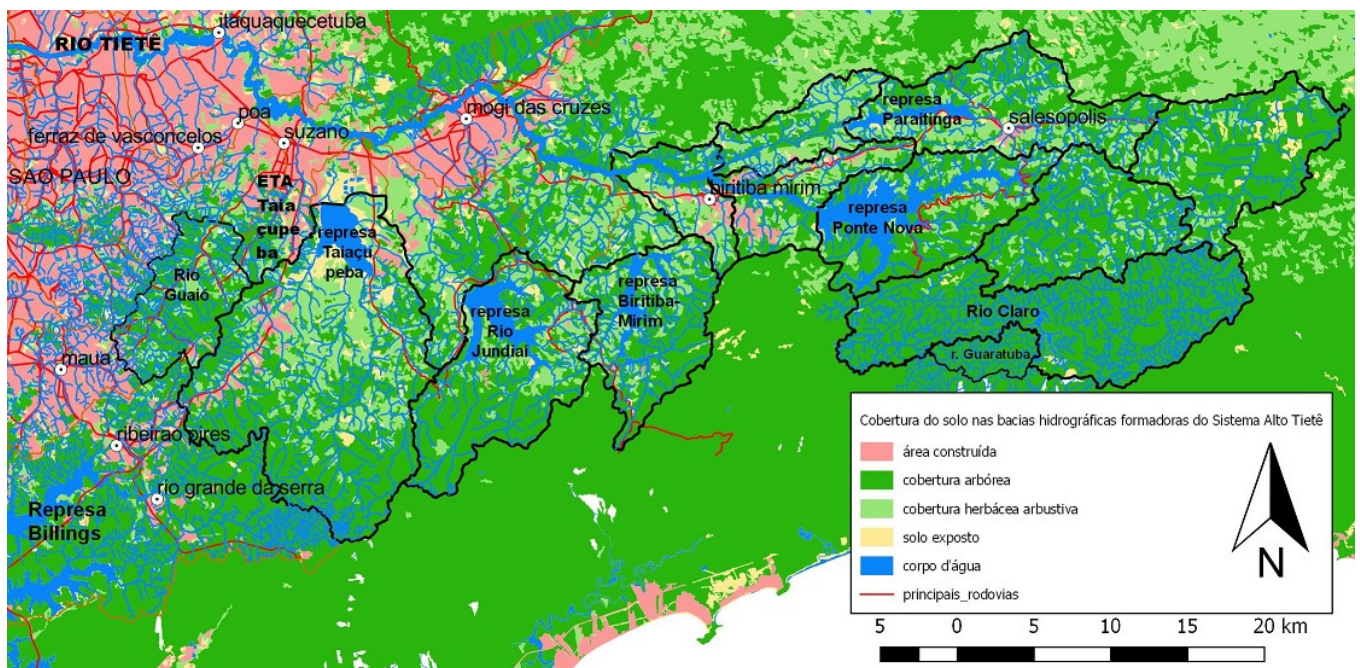


Figura 33 Mapa das bacias formadoras do Sistema Alto Tietê e uso do solo. Elaborado pelo autor.

O fluxo acontece por gravidade com exceção do recalque efetuado nas proximidades da foz do rio Biritiba-Mirim, em que um canal traz água do rio Tietê para ser bombeada 22 metros acima por estação elevatória, ajudando a alimentar a represa do rio Biritiba-Mirim. São represas de uso múltiplo porque além do abastecimento também foram concebidas para o controle de cheias.

O tratamento é realizado pela ETA Taiapuêba, com vazão ampliada durante a “crise hídrica” para 15 m³/s já que foi feita a transposição de 4 m³/s do braço Rio Grande, do sistema de mesmo nome, e transferências de água do rio Guaratuba (0,5 m³/s a 1,3 m³/s, em caráter provisório) e do rio Guaió (1 m³/s). A última causou controvérsia porque quando foi concluída, ao custo de R\$ 29 milhões, não foi possível fazer captação devido ao rio estar praticamente seco⁶⁸.

Essa vazão é bombeada 80 metros acima e duas adutoras de polietileno de alta densidade conduzem as águas por 10,5 km até o córrego Taiapuêba-Mirim onde vão desaguar na represa Taiapuêba.

Trata-se de um manancial em que predomina o uso não urbano, incluindo grandes áreas com vegetação nativa. As cidades em sua área de drenagem possuem poucos habitantes, no entanto na área de drenagem da represa Taiapuêba existem áreas urbanas de Ribeirão Pires, Suzano e Mogi das Cruzes.

Embora não esteja em sua bacia hidrográfica, a represa também é influenciada pelo município de Mauá já que o norte urbanizado do município está inserido na bacia do ribeirão Guaió.

Como podemos observar no quadro a seguir, as duas cidades mais populosas (Mauá e Mogi das Cruzes) estão entre as três com os menores índices de tratamento do esgoto.

⁶⁸ Ver: <<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,sabesp-diz-que-nao-ha-agua-para-captar-em-rio-no-qual-investiu-r-29-milhoes,1745297>>. Acesso em 01 de julho de 2017.

| MUNICÍPIO | População | Índice de coleta | Índice de tratamento | Principal destino do esgoto coletado | Quem opera o saneamento |
|------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------|
| Biritiba-Mirim | 31.479 | 97% | 99% | Rio Tietê | SABESP |
| Mauá | 457.696 | 88% | 31,7% | Ribeirão Guaió | Foz de Mauá |
| Mogi das Cruzes | 429.321 | 85% | 53% | Rio Tietê | SEMAE |
| Paraibuna | 18.166 | 86% | 0% | Rio Paraibuna | PM |
| Ribeirão Pires | 121.130 | 79% | 70% | Ribeirão Pires | SABESP |
| Salesópolis | 16.797 | 100% | 98% | Rib. Paraitinga e infiltração no solo (D. Remédios) | SABESP |
| Suzano | 288.056 | 85% | 70% | Rio Tietê | SABESP |

Tabela 2 - Serviços de coleta e tratamento de esgoto dos municípios localizados nas bacias de drenagem que compõe o Sistema Alto Tietê Estimativas populacionais segundo o IBGE e dados de esgotamento sanitário municipais segundo CETESB (2016).

O sistema está hidrologicamente conectado ao Sistema Rio Claro já que o volume não captado desagua na represa Ponte Nova.

Atualmente o Sistema Alto Tietê atende até 5 milhões de pessoas.

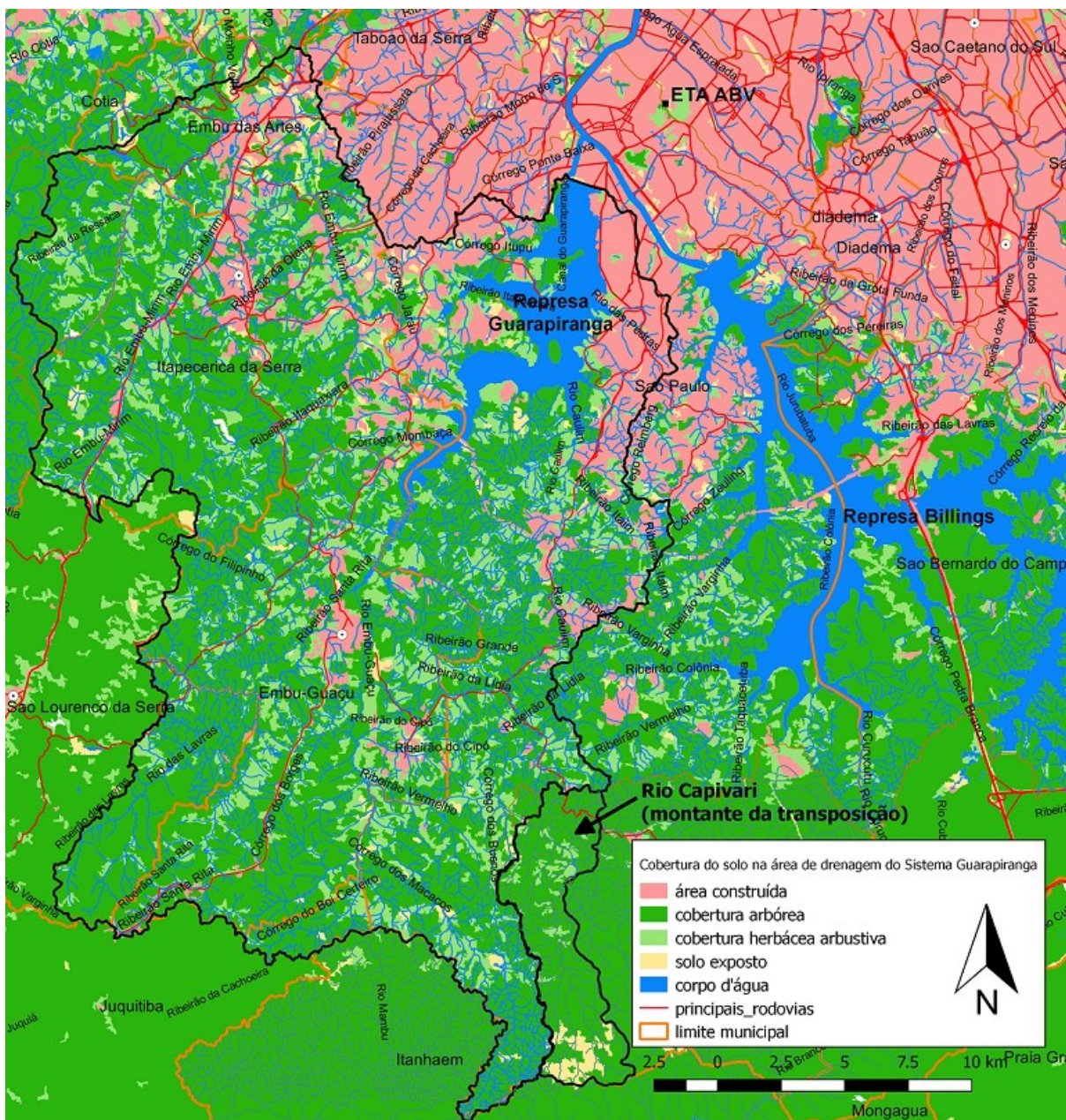


Figura 34 Mapa da bacia de drenagem da Guarapiranga e uso do solo. Elaborado pelo autor.

4.3 Sistema Guarapiranga

Este sistema está inserido na sub-região Cotia-Guarapiranga, da UGRHI 6 (Alto Tietê). A represa Guarapiranga foi construída pela Light na primeira década do século XX com o objetivo de regularizar vazões para assegurar a geração de energia elétrica na usina de Santana do Parnaíba. Em 1928 a Guarapiranga era o principal manancial utilizado para o abastecimento público de São Paulo. A represa recebe contribuições de uma área com cerca de 640 km², responsável por vazão de

14 m³/s, sendo o córrego Embu-Mirim e os ribeirões Vermelho/Embu-Guaçu, Lavras/Santa Rita e Caulim/Parelheiros seus cursos d'água principais.

Sua área de contribuição está localizada nos municípios de São Paulo, Embu das Artes, Itapeverica da Serra, Juquitiba, Embu-Guaçu, Cotia e São Lourenço da Serra. Como pode ser visto na figura anterior, parte da bacia foi parcialmente urbanizada, notadamente ao longo da orla da represa e ao longo da rodovia Régis Bittencourt, que coincide como trecho do rio Embu-Mirim. Estima-se que algo entre 800 mil e um milhão de pessoas morem nessa região

Dado que o padrão construtivo das ocupações é baixo, incluindo áreas ocupadas e loteamentos irregulares, a qualidade das águas do manancial está comprometida já que a represa recebe despejo de esgoto sem tratamento (ver o próximo quadro) e poluição difusa carregada pela água da chuva.

A parte sul da bacia é dominada pela Mata Atlântica e sua preservação é explicada pelo relevo acidentado da Serra do Mar, que dificulta sua ocupação.

| MUNICÍPIO | População | Índice de coleta | Índice de tratamento | Principal destino do esgoto coletado | Quem opera o saneamento |
|--|------------------|-------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------|
| Embu das Artes | 264.448 | 66% | 55% | Rio Tietê | SABESP |
| Embu-Guaçu | 67.788 | 45% | 100% | Rib. Embu-Guaçu | SABESP |
| Itapeçerica da Serra | 169.103 | 29% | 98% | Rio Embu-Mirim | SABESP |
| Juquitiba | 30.837 | 34% | 100% | Rib. São Lourenço | SABESP |
| São Lourenço da Serra | 15.323 | 63% | 100% | Rib. São Lourenço | SABESP |
| São Paulo | 12.038.175 | 97% | 75% | Rio Tietê | SABESP |
| Prefeitura Regional Capela do Socorro | 594.930 | 81,57 % | – | Margem direita da represa | SABESP |
| Prefeitura Regional M'Boi Mirim | 563.305 | 84,55 % | – | Rio Embu-Mirim e córregos Guavirutuba e Itupu | SABESP |
| Prefeitura Regional Parelheiros | 139.441 | 34,53 % | – | Rio Parelheiros e afluentes | SABESP |

Tabela 3 - Serviços de coleta e tratamento de esgoto dos municípios localizados nas bacias de drenagem que compõe o Sistema Guarapiranga. Estimativas populacionais segundo o IBGE e dados de esgotamento sanitário municipais segundo CETESB (2016). Dados relativos às prefeituras regionais de São Paulo foram obtidos no site <http://infocidade.prefeitura.sp.gov.br>.

A Guarapiranga tem seu aporte hídrico ampliado por duas reversões: até 1,5 m³/s provenientes do rio Capivari (bacia hidrográfica da Baixada Santista) via estação elevatória para o Ribeirão Vermelho; e até 4 m³/s no rio Parelheiros, oriundos do reservatório Billings, via estação elevatória flutuante localizada no braço Taquacetuba.

Com a “crise hídrica”, sua capacidade de atendimento foi ampliada para 5,8 milhões de pessoas (antes servia 4 milhões), aliviando assim o sistema Cantareira. O tratamento é realizado pela estação de tratamento Alto da Boa Vista (ETA ABV), com vazões superiores a 12 m³/s.

4.4 Sistema Cotia

O sistema é subdividido em dois (Alto e Baixo Cotia) e capta água dos rios Capivari e Cotia e de ribeirões como o Moinho, da Graça, das Pedras e das Pombas, totalizando uma área de drenagem de 240km².

. O reservatório mais à montante é o Pedro Beicht, que está inserido na reserva florestal Morro Grande. O excedente hídrico desta represa é encaminhando para o Rio Cotia que desemboca 10km abaixo no reservatório Cachoeira da Graça. Ambos têm as águas tratadas pela ETA Morro Grande. Essa ETA também é conhecida como ETA Alto Cotia e produz 1,2 m³/s, abastecendo 400 mil habitantes nos municípios de Cotia, Embu das Artes, Itapeverica da Serra, Embu-Guaçu e Vargem Grande.

Mais à jusante estão duas pequenas represas, Isolina Superior e Isolina Inferior. A primeira tem a função de regularizar vazões, enquanto a segunda tem por objetivo elevar o nível de captação d'água.

Neste sistema, o tratamento é feito pela ETA Baixo Cotia, que possui capacidade de tratamento de 0,9 m³/s e abastece 361 mil pessoas nos municípios de Barueri, Jandira e Itapevi.

O sistema está inserido na sub-região Cotia-Guarapiranga, da UGRHI 6 (Alto Tietê). São sistemas antigos. O Alto Cotia funciona desde 1916 e o Baixo Cotia desde 1963.

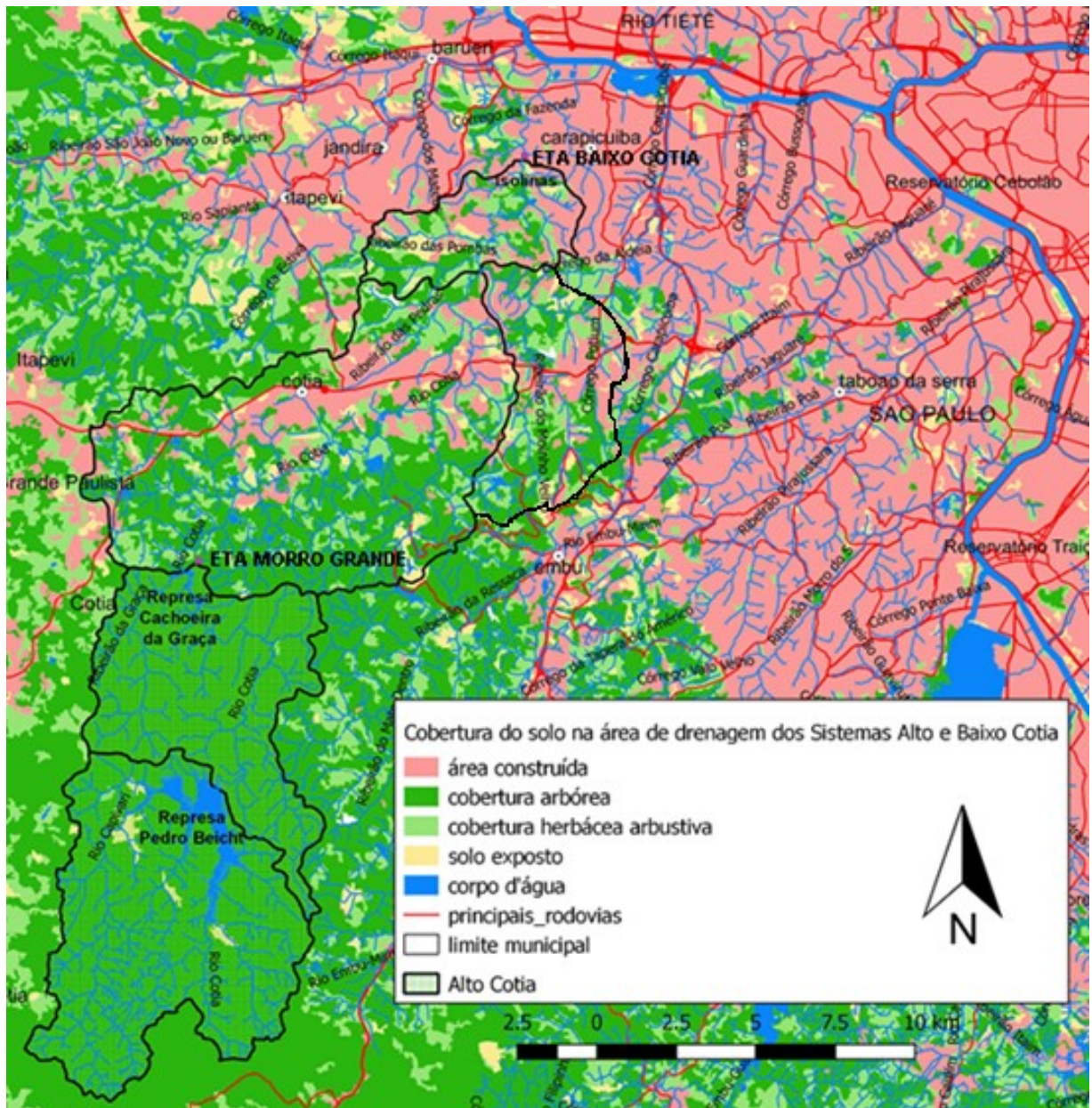


Figura 35 Área dos sistemas Alto e Baixo Cotia, com uso do solo. Elaborado pelo autor.

Na imagem anterior é possível perceber grande contraste entre o uso e ocupação do solo no Alto Cotia (à montante da represa Cachoeira das Graça) e Baixo Cotia. Enquanto o Alto Cotia está bastante preservado pela combinação de topografia acidentada, ausência de estradas próximas e por pertencer à uma reserva florestal, o Baixo Cotia tem a qualidade de suas águas prejudicadas pela poluição difusa das manchas urbanas de Cotia, Carapicuíba, Jandira e Barueri, e, em menor medida, por pequenos setores de Vargem Grande Paulista e Embu das Artes. Além disso, como evidencia o quadro abaixo, os índices de tratamento de esgoto nesses municípios são baixos.

| MUNICÍPIO | População | Índice de coleta | Índice de tratamento | Principal destino do esgoto coletado | Quem opera o saneamento |
|-------------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------|
| Barueri | 264.935 | 76% | 30% | Rio Tietê | SABESP |
| Carapicuíba | 394.465 | 70% | 43% | Rio Tietê | SABESP |
| Cotia | 233.696 | 44% | 43% | Rio Cotia | SABESP |
| Embu das Artes | 264.448 | 66% | 55% | Rio Tietê | SABESP |
| Jandira | 120.177 | 68% | 28% | R.S.J. do Barueri | SABESP |
| Vargem Grande Paulista | 49.542 | 27% | 27% | Ribeirão Vargem Grande | SABESP |

Tabela 4 - Serviços de coleta e tratamento de esgoto dos municípios localizados nas bacias de drenagem que compõe os sistemas Alto e Baixo Cotia. Estimativas populacionais segundo o IBGE e dados de esgotamento sanitário municipais segundo CETESB (2016).

4.5 Sistema Rio Claro

Em operação desde 1939, o sistema se localiza no extremo leste da RMSP, no município de Salesópolis. Ele capta água do rio Claro, do ribeirão do Campo e se vale de uma transposição do rio Guaratuba, manancial localizado na vertente marítima da Serra do mar (UGRHI 07 - Baixada Santista).

A sua bacia de drenagem tem 245km² e está inserida em área de vegetação nativa, sem uso urbano, como pode ser visto na imagem abaixo.

O reservatório Ribeirão do Campo regulariza as vazões para captação de até 4m³/s a fio d'água feita pela ETA Casa Grande. O sistema Rio Claro abastece 1,5 milhão de pessoas no bairro de Sapopemba, na capital, e parte dos municípios de Ribeirão Pires, Mauá e Santo André.

O sistema Rio Claro está hidrologicamente conectado ao Sistema Alto Tietê já que as águas não captadas no primeiro fluem por gravidade para a represa Ponte Nova, localizada no segundo.

A próxima imagem sintetiza essas informações.

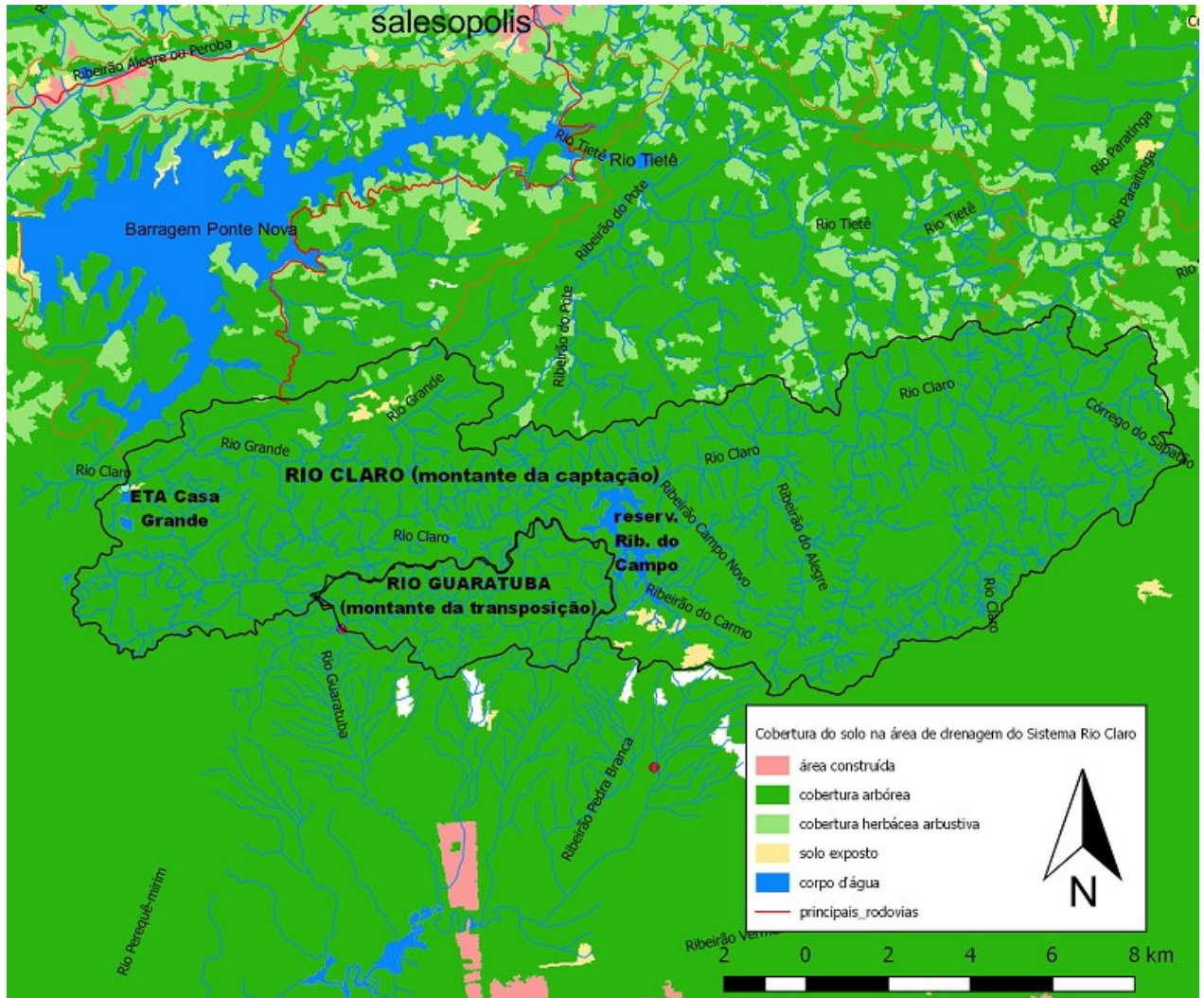


Figura 36 Área de drenagem do sistemas Rio Claro, com uso do solo. Elaborado pelo autor.

4.6 Sistema Rio Grande

Este sistema capta água do principal afluente do rio Pinheiros e formador de um dos braços da represa Billings. Conforme mencionado anteriormente, a represa foi construída para reservar água para a usina hidrelétrica de Henry Borden⁶⁹ e

⁶⁹ Conforme explica Bonzi et al,

A usina foi inaugurada em 1926 e conceitualmente a ideia era tomar partido do desnível de 720m da Serra do Mar. Para isso, em 1925 foi feita a transposição do rio Grande, na vertente continental da Serra do Mar, para o rio das Pedras, na vertente oceânica. A inundação da área hoje ocupada pelo reservatório teve início em 1927, com a constru o da barragem de Pedreira, que barrou o fluxo do rio Grande rumo ao rio Pinheiros (2017, p. 41).

apenas em meados da década de 1950 começou a ser utilizada para abastecimento público. Em 1982 uma barragem de compartimentação de solo chamada Anchieta isolou o braço Rio Grande para evitar que a poluição decorrente do crescimento habitacional ao redor da represa Billings também compromettesse a qualidade da água desse braço mais preservado.

Em sua área de drenagem, ocorrem as maiores precipitações pluviométricas da RMSP: 3500mm anuais, no divisor de águas com a Baixada Santista. O manancial abastece Diadema, São Bernardo do Campo e parte de Santo André. O tratamento é feito na ETA Rio Grande, com vazão de 5 m³/s e capacidade de atendimento estimada entre 1,3 e 1,5 milhão de pessoas. Deste montante, 0,5m³/s foram incrementados como resposta à “crise hídrica”.

Como mencionado anteriormente, durante a “crise hídrica” o sistema foi interligado ao Alto Tietê, exportando 4 m³/s. Para compensar a reversão, o sistema Rio Grande passou a captar a mesma vazão de um braço da represa Billings mais ao sul, o Rio Pequeno, via estação elevatória⁷⁰. A figura abaixo mostra as áreas de drenagem de ambos os braços.

⁷⁰ É uma obra que vence uma distância de 1,2km e desnível de 12 metros por meio de bombas flutuantes e tubos de polietileno de alta densidade.

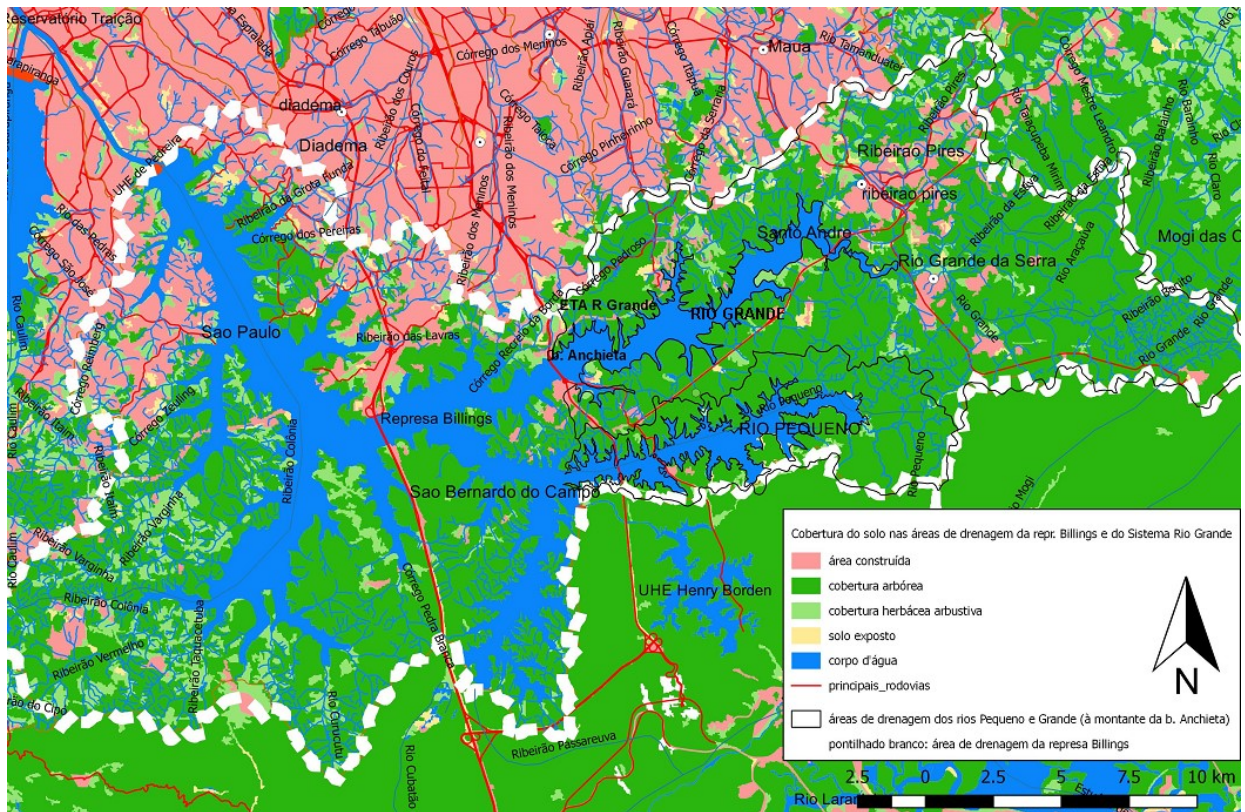


Figura 37 Área de drenagem da represa Billings e do sistema Rio Grande, com uso do solo. Elaborado pelo autor.

Também podemos observar o predomínio de mata nativa em ambas as bacias e a existência de duas manchas urbanas ocupando a área de drenagem do braço Rio Grande à montante da barragem Anchieta: as zonas centrais e mais densamente urbanizadas de Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra. Já em Santo André e São Bernardo do Campo registram-se ocupações urbanas esparsas.

Relatório publicado pelo Instituto Socioambiental (ISA, 2002) chamou a atenção para o crescimento acelerado e desordenado que aconteceu no período entre 1989 e 1999 e alertava que a passagem do rodovial Mário Covas pelo manancial, mesmo tendo sido concebido como via bloqueada, acentuaria essa tendência (p.54). O estudo identificava ainda os principais problemas relativos à qualidade da água eram a eutrofização e a presença de alumínio no braço do Rio Pequeno e a hipereutrofização e os níveis de cobre no braço do rio Grande (p.27). Os quadros de eutrofização estão relacionados, sobretudo, com o lançamento de esgoto in natura nos cursos d'água.

A tabela abaixo mostra os níveis de coleta e tratamento para os municípios que abrigam os braços Pequeno e Grande da represa Billings.

| MUNICÍPIO | População | Índice de coleta | Índice de tratamento | Principal destino do esgoto coletado | Quem opera o saneamento |
|------------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------|
| Ribeirão Pires | 121.130 | 79% | 70% | Ribeirão Pires | SABESP |
| Rio Grande da Serra | 48.861 | 60% | 85% | Reservatório Billings | SABESP |
| Santo André | 712.749 | 98% | 40% | Tamanduateí e Reservatório Billings | SEMASA |
| São Bernardo do Campo | 822.242 | 89% | 29% | Rib. dos Meninos e Reservatório Billings | SABESP |

Tabela 5 - Serviços de coleta e tratamento de esgoto dos municípios localizados nas bacias de drenagem dos braços Rio Pequeno e Rio Grande, da represa Billings. Estimativas populacionais segundo o IBGE e dados de esgotamento sanitário municipais segundo CETESB (2016).

4.7 Sistema Ribeirão da Estiva

Inaugurado em 1982, é o menor de todos os sistemas de abastecimento da RMSP, como vazão de 0,1 m³/s e serve 38,1 mil pessoas no município de Rio Grande da Serra. Curiosamente ele foi desenvolvido para atender também a cidade de Ribeirão Pires e possui até uma adutora que faz a interligação.

O sistema capta água do Ribeirão da Estiva e trata na ETA de mesmo nome, sendo suporte para pesquisas de novas tecnologias pela SABESP, universidades e centros de pesquisa.

Sua bacia de drenagem é de aproximadamente 17km² e está totalmente inserida no município de Rio Grande da Serra, ocupando pouco menos de metade da área municipal. Como podemos ver na figura a seguir, há o predomínio de mata nativa, com duas pequenas manchas urbanas: uma ao sul e outra à noroeste, esta uma conurbação com o município de Ribeirão Pires. Silva (2003) identificou como

fontes de degradação do manancial algumas atividades rurais como criação de animais, plantações muito próximas dos cursos d'água e fabricação de tijolos (p.31).

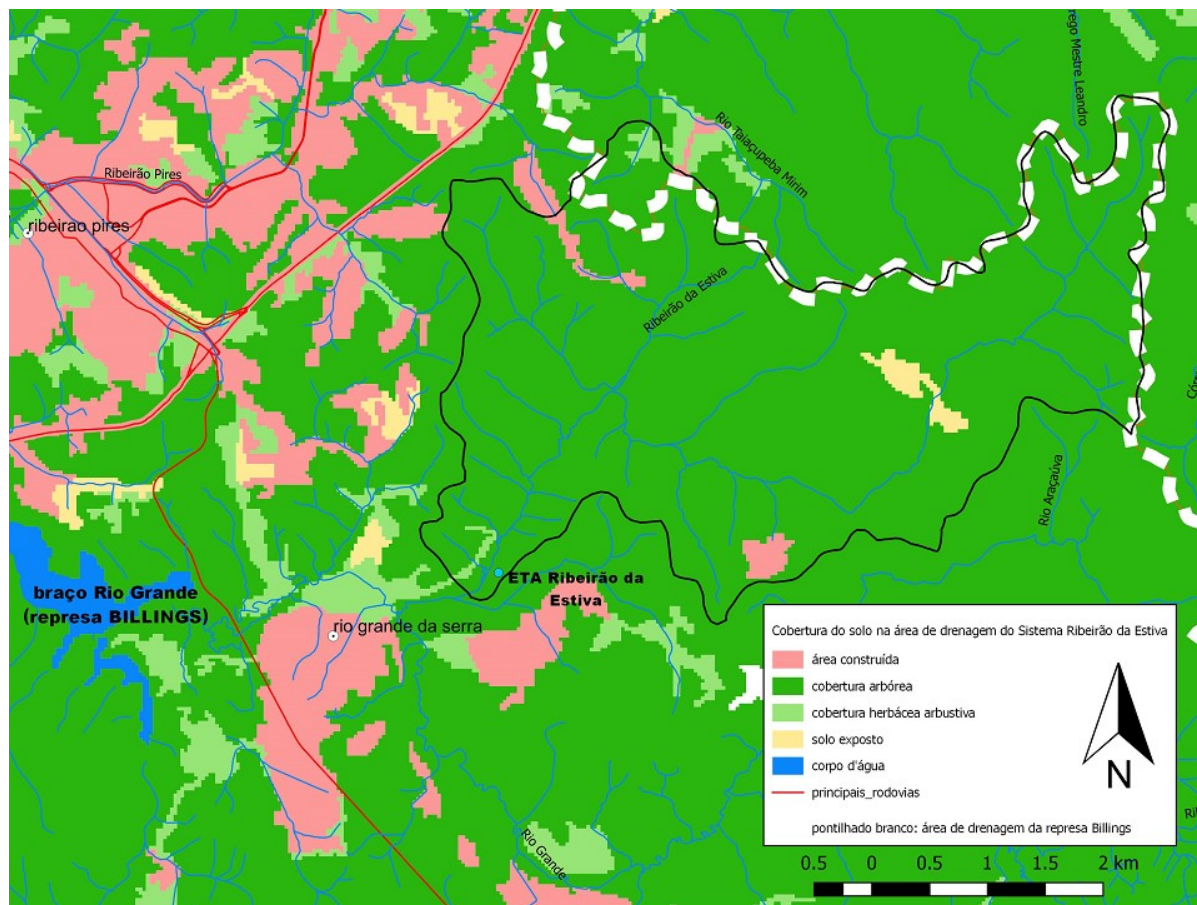


Figura 38 Área de drenagem do sistema Rib. da Estiva, com uso do solo. Elaborado pelo autor.

A bacia hidrográfica do Ribeirão da Estiva é tributária do braço Rio Grande, da represa Billings.

4.8 Sistema Capivari

Frequentemente esquecido, possivelmente por ser recente (2013) e por sua modesta produção (0,15 m³/s), o sistema Capivari é uma pequena captação a fio d'água no rio Embu-Guaçu, com tratamento na ETA de mesmo nome.

A bacia de drenagem deste manancial mede pouco mais de 140km² e está situada em três municípios: São Paulo, Embu-Guaçu e Juquitiba.

É uma bacia tributária da represa Guarapiranga e parte de seu alto curso está dentro do Parque Estadual da Serra do Mar. A ilustração abaixo revela o predomínio

do uso não urbano e a presença de mancha urbana, ao norte ao longo do Ribeirão Cipó.

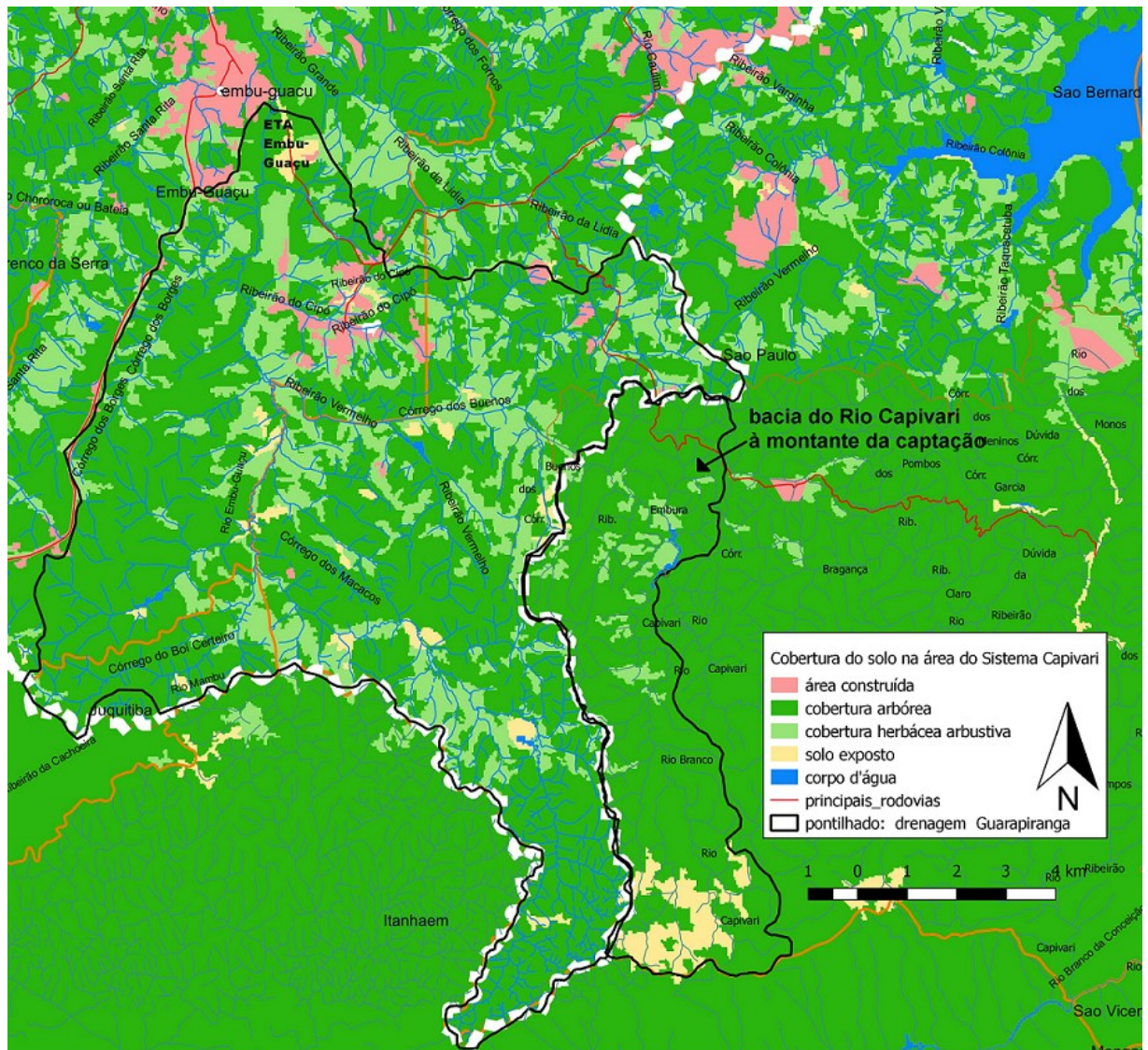


Figura 39 Área de drenagem do sistema Capivari, com uso do solo. Elaborado pelo autor.

Dalmas et al (2016) relataram que muito embora o índice de qualidade da água no ribeirão Cipó esteja com parâmetros⁷¹ fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) para corpos d'água classe 1⁷², degradando assim a qualidade do rio Embu-Guaçu, o fato de ter um trecho à jusante

⁷¹ Coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e fósforo total.

⁷² A norma CONAMA 357/2005 define que águas classe 1 podem ser destinadas ao abastecimento humano após tratamento simplificado.

inserido em área de mata nativa faz com que o IQA já esteja melhor quando chega à represa Guarapiranga (p.143).

4.9 Sistemas isolados

Pouco mais de 300 mil habitantes da RMSP têm o abastecimento realizado pelo próprio núcleo urbano em que estão inseridos⁷³. Esses sistemas podem ser operados tanto pela SABESP (Franco da Rocha, Embu-Guaçu, Itapeverica da Serra, São Bernardo do Campo, Barueri, Cotia, Itapevi, Pirapora do Bom Jesus, Cajamar, São Lourenço da Serra, Juquitiba, Mairiporã, Guararema, Biritiba-Mirim e Salesópolis, São Paulo (bairro Colônia) quanto pela municipalidade (São Caetano do Sul, Guarulhos, Mogi das Cruzes e Santa Isabel).

Enquanto os subsistemas descritos até agora exploram exclusivamente mananciais superficiais, os sistemas isolados exploram tanto os recursos hídricos de superfície quanto os subterrâneos.

Bertolo et al (2015) estima que sejam extraídos, na RMSP, cerca de 11 m³/s de água subterrânea. A maior parte dessa exploração tem caráter privado. Os sistemas operados pela SABESP apresentam vazão da ordem de 0,8m³/s.

O quadro a seguir sintetiza os mananciais, as vazões e as cidades atendidas pelos oitos subsistemas do SIM e pelos sistemas isolados.

⁷³ Alguns municípios podem ser atendidos pelo SIM e por sistemas isolados simultaneamente, mas um sistema isolado não pode, por definição, atender mais de um município (GAVIOLLI, 2013, p. 74).

| SUBSISTEMA | PRINCIPAIS MANANCIASIS | ETA | PRINCIPAIS CIDADES ATENDIDAS | POPULAÇÃO ATENDIDA |
|---------------------------|---|--|--|--------------------|
| Cantareira | Represas Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras | Guaraú (33m ³ /s) | Barueri; Caieiras; Cajamar; Carapicuíba; Francisco Morato; Franco da Rocha; Guarulhos; Osasco; São Caetano do Sul; São Paulo | 5,3-9 milhões |
| Guarapiranga | Represas Guarapiranga e Billings (braço Taquacetuba) e Rio Capivari | ABV (12m ³ /s) | Cotia; Embu das Artes; Itapecerica da Serra; São Paulo; Taboão da Serra | 5,8 milhões |
| Alto Tietê | Represas Paraitinga, Ponte Nova, Jundiá, Biritiba-Mirim e Taiapuê | Taiapuê (15m ³ /s) | Arujá; Ferraz de Vasconcelos; Itaquaquecetuba; Guarulhos; Mauá; Mogi das Cruzes; Poá; Suzano; Sto. André; Guarulhos; São Paulo | 5 milhões |
| Rio Claro | Rio Claro - Represa Ribeirão do Campo | Casa Grande (4m ³ /s) | Mauá; Ribeirão Pires; Santo André; São Paulo (Sapopemba) | 1,5 milhão |
| Rio Grande | Represa Billings - Braço do Rio Grande | Rio Grande (5m ³ /s) | Diadema; Santo André; São Bernardo do Campo | 1,3 - 1,5 milhão |
| Alto Cotia | Represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça | Morro Grande (1,2 m ³ /s) | Cotia; Embu das Artes; Embu-Guaçu; Itapecerica da Serra; Vargem Grande Paulista | 400 mil |
| Baixo Cotia | Rio Cotia - Isolinhas | Baixo Cotia (0,9 m ³ /s) | Barueri; Itapevi; Jandira | 361mil |
| Ribeirão da Estiva | Ribeirão da Estiva | Ribeirão da Estiva (0,1 m ³ /s) | Rio Grande da Serra | 38,1 mil |
| Capivari | Captação fio d'água | Embu-Guaçu (0,15 m ³ /s) | Embu-Guaçu e capital | – |
| Sistemas Isolados | Mananciais superficiais e subterrâneos | ETAs locais (0,8m ³ /s) | Biritiba-Mirim; Juquitiba; Mairiporã; Pirapora do Bom Jesus; Salesópolis; Santana de Parnaíba; São Lourenço da Serra | 300 mil |

Quadro 6 - Síntese dos sistemas produtores de água existentes durante a “crise hídrica” que abastecem a RMSP.

4.10 Características físicas do SIM durante a “crise hídrica”

O relatório “Situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo: 2013-2014” (SÃO PAULO, 2016a) informa que o SIM teve sua capacidade reduzida para cerca de 50 m³/s no período entre janeiro e agosto de 2015, o que significou que a disponibilidade de água per capita neste período passou de 306 para 220 litros/dia (p.54).

O manancial mais afetado foi o Cantareira, que registrou queda superior a 50% na sua capacidade de produzir água, seguido do sistema Alto Tietê, que registrou queda de 20% em sua produtividade. Ver tabela abaixo.

| SISTEMAS PRODUTORES | FEV/2014 | MAR/2015 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| Cantareira | 31,8 | 14,0 |
| Guarapiranga | 13,8 | 14,7 |
| Alto Tiete | 15,0 | 11,9 |
| R. Grande | 4,9 | 4,9 |
| Rio Claro | 3,8 | 3,9 |
| Alto Cotia | 1,2 | 0,8 |
| Baixo Cotia | 0,9 | 1,0 |
| Rib. Estiva | 0,10 | 0,08 |
| Total (m³/s) | 71,4 | 51,3 |

Quadro 7 - Produção de água nos sistemas do SIM da RMSP, antes da “crise hídrica” (fevereiro de 2014) e durante (março de 2015). Fonte: SABESP, 2015, p. 25.

O sistema Cantareira teve sua capacidade útil ampliada com a autorização da ANA-DAEE para utilizar a reserva técnica dos reservatórios (volume morto). Estima-se que o volume ganho com a operação foi de 485 milhões de m³ de água abaixo do nível de captação original do sistema⁷⁴.

A reserva técnica I entrou em operação em maio de 2014 e agregou ao sistema Cantareira 182,5 milhões de m³ de água, mais do que duplicando o volume disponível nas represas do Cantareira àquela época.

Em outubro do mesmo ano entrou em operação a reserva técnica II, que acrescentou 105 milhões de m³ de água.

⁷⁴ Para saber mais, consultar: <<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,4-cota-de-volume-morto-do-cantareira-tem-40-bi-de-litros-diz-alckmin,1632822>>. Acesso em 28 de julho de 2016.

Com essas duas reservas técnicas, o volume armazenável do Sistema Cantareira subiu dos 982 milhões de m³ do volume útil para 1.269,5 milhões de m³. O Governo do Estado chegou a declarar a possibilidade de se captar água de mais duas quotas do volume morto, o que acrescentaria mais de 41 milhões de m³ à capacidade do Cantareira.



Figura 40 Esquema das reservas técnicas do sistema Cantareira. Fonte: SABESP, 2015, p. 21).

4.11 Medidas não estruturais tomadas por conta da “crise hídrica”

Foram várias as ações que a SABESP tomou em relação à “crise hídrica”. Como alternativa ao rodízio, a companhia reduziu as vazões retiradas dos reservatórios do sistema Cantareira (de 33 m³/s no início da crise para 14 m³/s, em março de 2015). Também criou um programa de incentivo à redução do consumo (Programa de Bônus), treinamentos sobre economia de água, campanhas educacionais e de divulgação, principalmente em condomínios, ampliação da capacidade de tratamento das ETAs (descrito anteriormente) e intensificação do programa de combate as perdas (SABESP 2015, p.14).

De acordo com o relatório “Situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo: 2013-2014” (SÃO PAULO, 2016a, p. 54), a economia obtida com o programa de bônus foi de 10,7 m³/s e 2,3 m³/s com o programa de redução de perdas (incluindo aí ganhos obtidos com a redução na pressão da rede).

Neste quesito, merece destaque a redução de pressão nas redes de distribuição, que se reverte em diminuição das perdas físicas. A companhia declara ter incentivado a migração de clientes para fontes alternativas de água, inclusive com a liberação do consumo mínimo nos contratos de demanda firme.

Insere-se aí a utilização de água de reúso, que teve sua oferta aumentada com a ampliação de capacidade das ETEs Jesus Neto, Parque Novo Mundo e ABC (Aquapolo).

Foram medidas importantes, mas que não ganharam o mesmo destaque das obras emergenciais para a captação de águas das reservas técnicas do sistema Cantareira: o chamado “volume morto”.

4.12 Medidas prometidas para evitar novas “crises hídricas”

A SABESP e o governo do Estado prometeram uma série de medidas para evitar novas crises hídricas no futuro⁷⁵, a começar pela interligação entre a represa Atibainha, do sistema Cantareira, e a represa Jaguari, localizada na bacia do

⁷⁵ Fonte: <<http://aesabesp.org.br/arquivos/saneas/saneas57.pdf>>. Acesso em 02/08/2015.

Paraíba do Sul (UGRHI 2). Como o objetivo de trazer uma vazão média de 5m³/s para a RMS, expansível até 8,5m³/s em caso de crise, a obra foi entregue em março de 2018 e custou R\$ 830 milhões com fundos do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento).

A transposição vence distância de 20km (6,4km por túnel) e desnível de 164 metros entre as represas. O consumo de energia elétrica das seis bombas utilizadas na operação é o equivalente ao consumido por 120 mil pessoas.

Futuramente a interligação operará também no sentido contrário, como uma vazão superior, de 12,2 m³/s.

Outra possibilidade elencada para reforçar o sistema Alto Tietê foi o aproveitamento das águas do ribeirão Sertãozinho, na bacia do rio Itapanhaú (UGRHI 7-Baixada Santista), para o reservatório Biritiba-Mirim. A obra tem sido criticada sob alegação de que serão desmatados 15 hectares do Parque Estadual da Serra do Mar. Ela recebeu parecer negativo do Condephaat, mas foi aprovada pela Secretaria Estadual de Cultura. Em 2018 moradores de Bertiooga protestaram contra a transposição, alegando que a população não foi consultada. Eles denunciaram ainda que a diminuição da vazão causaria a salinização do rio, provocando prejuízos irreparáveis para fauna e flora⁷⁶. Também se cogita transposição do rio Itatinga, que também é um afluente do rio Itapanhaú, para reforço da represa Jundiá.

O governo também anunciou as construções de Estações de Produção de Água de Reúso (EPAR) nos sistemas Guarapiranga e Baixo Cotia. No entanto, as obras foram atrasadas, segundo divulgado pela imprensa⁷⁷, por conta de um suposto desequilíbrio financeiro da companhia de abastecimento, que teve sua receita reduzida durante a “crise hídrica”.

Um novo sistema foi anunciado durante a crise. Prometendo aporte de 6,4m³/s ao sistema de abastecimento metropolitano, o São Lourenço foi projetado

⁷⁶ Mais informações em <<https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/ativistas-protestam-contras-obra-de-transposicao-do-rio-itapanhau-em-bertiooga-sp.ghtml>>. Acesso em 01/11/2018.

⁷⁷ Fonte: <<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,sabesp-adia-estacoes-de-reuso-de-agua,1715964>>. Acesso em 15/08/2017.

para captar o alto curso do Rio Juquiá, na UGRHI 11 (Ribeira de Iguape e Litoral Sul), com capacidade para atender 2 milhões de pessoas em Barueri, Carapicuíba, Cotia, Itapevi, Jandira, Santana de Parnaíba e Vargem Grande Paulista. O custo foi estimado em R\$ 2,6 bilhões⁷⁸, viabilizados por uma parceria público-privada com as construtoras Andrade Gutierrez e Camargo Córrea, e deve aumentar a redundância do SIM na medida em que alcança uma população superior a um milhão de pessoas que já é abastecida pelos sistemas Cantareira e Cotia.

4.12.1 Sistema São Lourenço

O sistema São Lourenço foi inaugurado em abril de 2018 e foi imediatamente criticado porque o reservatório de captação, a represa Cachoeira do França, estava com nível baixo, o que levou o sistema a operar com apenas 20% de sua capacidade⁷⁹.

A represa foi originalmente construída para alimentar a usina hidrelétrica do França, do grupo Votorantim, inaugurada em 1957. A energia gerada é consumida por um fábrica do grupo no município de Alumínio.

A represa drena uma área de aproximadamente 951km² e a água coletada em Ibiúna é elevada para uma adutora com 50km de extensão (parte dela passando por túnel sob a serra de Paranapiacaba) para tratamento no município de Vargem Grande Paulista.

Como pode-se observar na imagem a seguir, os mananciais do sistema São Lourenço estão localizados em área com densa cobertura vegetal (Mata Atlântica e áreas de reflorestamento), com focos de urbanização heterogênea (de favelas a condomínios fechados de alto padrão) ao longo da rodovia Régis Bittencourt, no trecho entre São Lourenço da Serra e Juquitiba. Segundo o relatório de impacto ambiental, “os usos do solo, no geral, são compatíveis com os usos das águas

⁷⁸ Em maio de 2017, uma liminar determinou a suspensão da obra sob alegação de falta de adequado licenciamento ambiental. Fonte: < <http://www.tjsp.jus.br/Noticias/Noticia?codigoNoticia=40475>>. Acesso em 03/08/2017.

⁷⁹ Segundo informações de < <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/sistema-sao-lourenco-e-inaugurado-e-deve-abastecer-2-milhoes-de-pessoas-na-grande-sp.ghtml>>. Acesso em 30/10/2018.

(geração de energia, esportes aquáticos e lazer e, com o advento do SPSL, abastecimento público).” (ENCIBRA S.A.; PRIME ENGENHARIA, 2011, p. 75)

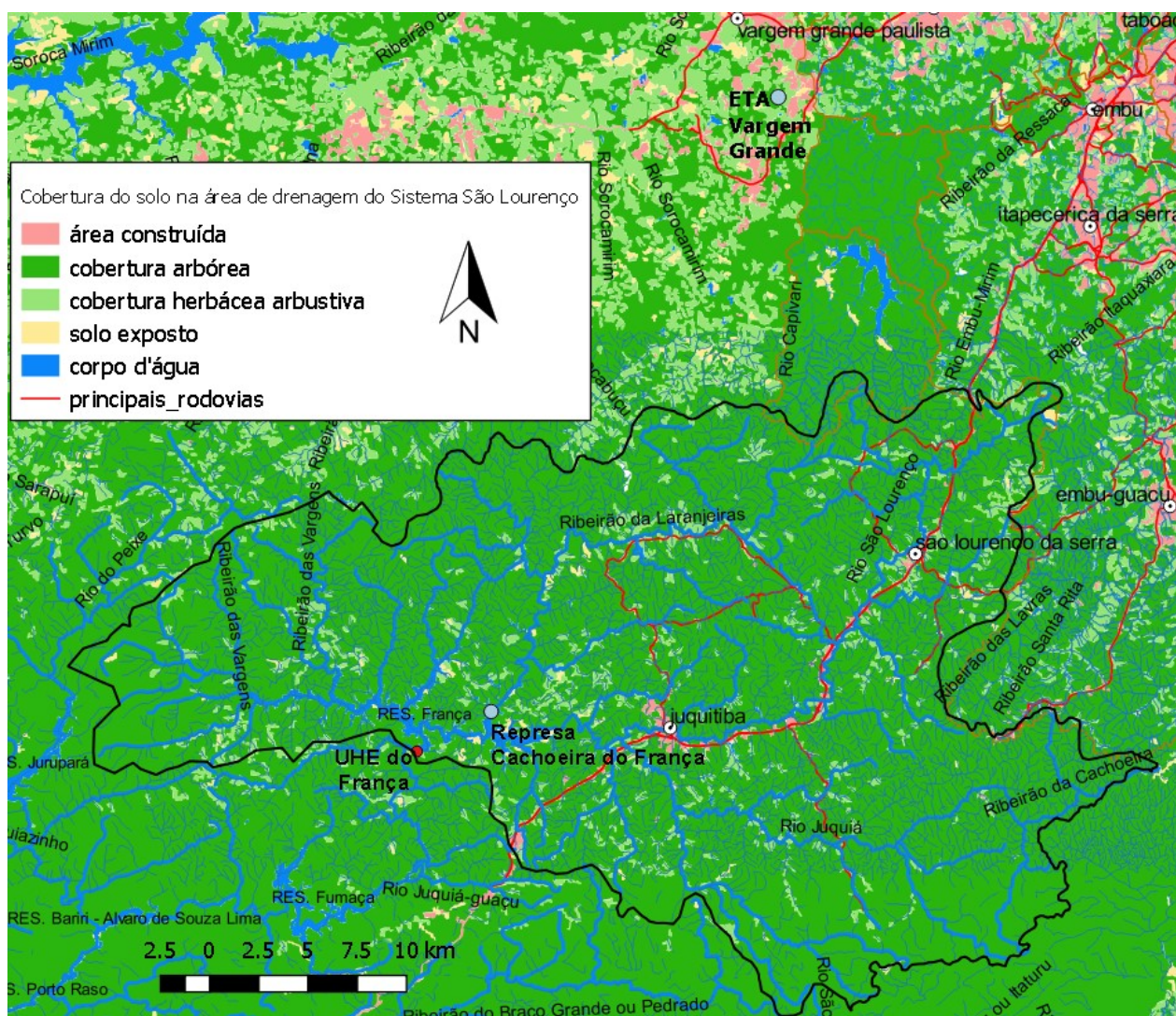


Figura 41 Área de drenagem do sistema São Lourenço, com uso do solo. Elaborado pelo autor.

4.13 Avaliações externas à SABESP e projeções futuras

Frente à “crise hídrica”, o Comitê da Bacia do Alto Tietê criou o Grupo Técnico de Gestão da Demanda e recomendou ações para o gerenciamento mais adequado dos recursos hídricos, com gestão isonômica de riscos às regiões atendidas, diminuição no consumo de água, isenção de impostos e criação de incentivos econômicos para estimular equipamentos sanitários com baixo consumo de água e programa para o uso racional de água nas edificações da administração pública (FABHAT, 2015, p. 154-155).

O Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, com horizonte para 2035, estima que nesta data a população da macrometrópole saltará de 31 milhões (dados de 2008) para 37 milhões de pessoas. Para acompanhar o crescimento populacional, industrial e agrícola, o plano estima que será necessário um aporte extra de 60m³/s no SIM. Para alcançar esse objetivo, o plano aponta a necessidade de novos sistemas de captação e reservação de água e recomenda investimentos em gestão de demanda: controle de perdas, uso racional da água e reuso. Segundo o plano essas medidas podem reduzir em até 32m³/s o aporte de água extra previsto.

No que diz respeito à RMSP, segundo dados antecipados do plano diretor de abastecimento da SABESP pelo jornal O Estado de São Paulo⁸⁰, estima-se que até 2045 a população crescerá 2,5 milhões de pessoas, com 35% de novos domicílios. A demanda de água deverá aumentar 20%. A reportagem chama a atenção para a concentração demográfica prevista para a zona oeste da RMSP, área que são abastecidas pelos sistemas que já alcançaram o seu limite de atendimento (Cantareira, Baixo e Alto Cotia).

Uma medida provável para ajudar a suprir essa demanda projetada já estava sinalizada no Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos: a transposição de águas da bacia do Rio Paraíba do Sul. Segundo DAEE; COBRAPE (2013a, p. 73), além da recém executada conexão com o sistema Cantareira via transferência de vazões da represa Jaguari para o reservatório Atibainha, o Sistema Alto Tietê poderia importar de 5 a 10 m³/s via captação no rio Paraíba do Sul na altura de Guararema, com lançamento na represa de Biritiba-Mirim ou por meio de captação na represa Paraibuna para lançamento na represa Ponte Nova⁸¹.

Essa proposta é fonte de conflito entre os governos paulista e carioca já que o Paraíba do Sul é utilizado pelo Rio de Janeiro para geração de energia e para o

⁸⁰ Ver: <<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,regiao-oeste-de-sp-e-novo-gargalo-do-abastecimento,10000055443>>. Acesso em 02/08/2016.

⁸¹ No relatório de elaboração do novo plano diretor de abastecimento para a macrometrópole paulista, o lançamento seria na represa Paraitinga (COBRAPE, 2009, p.25).

abastecimento de 9 milhões de pessoas via transposição de 120 a 180m³ /s para o rio Guandu. Teme-se que o esquema proposto pelo governo paulista comprometa a segurança hídrica do estado vizinho⁸².

Estudo de Bertolo et al (2016) explicita que as águas subterrâneas poderiam ajudar a vencer os desafios colocados pela “crise hídrica” e pelo crescimento populacional esperado para a região.

Segundo o levantamento, seria possível extrair até 33m³/s por meio de poços profundos, de maneira segura e com um custo viável. Os pesquisadores recomendaram que os novos poços sejam localizados em áreas subutilizadas e próximas a estruturas já existentes de adução e reservação.

Também alertam que dos cerca de 12 mil poços profundos na bacia do Alto Tietê, menos de 5 mil estão cadastrados no DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). Estimam que essas estruturas capturem 10m³/s e que a grande presença de poços irregulares tenha levado algumas zonas a apresentar sintomas de superexploração.

O Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista (DAEE; COBRAPE, 2013a, p. 76-77) já investigava o aproveitamento de águas subterrâneas para fins de abastecimento na RMSP e RMC. Segundo o estudo, a captação de 5m³/s no Aquífero Guarani custaria entre R\$664 milhões e R\$ 745milhões com gastos de energia na faixa de R\$ 5 milhões para Campinas e R\$1,18 bilhão com gasto de energia de aproximadamente R\$10 milhões para São Paulo.

⁸² A vazão efetivamente utilizada para abastecimento é 45 m³ /s, via reversão para o rio Guandu, que alimenta o sistema de mesmo nome.

5. SOLUÇÕES BASEADAS NA PAISAGEM COMO ESTRATÉGIA PARA O MELHORAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA RMSP

Tendo já sido investigada como se deu a formação do sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo frente às dinâmicas de urbanização de sua base biofísica, este capítulo pretende evidenciar que a tomada da paisagem como elemento-chave no projeto da infraestrutura urbana aporta com conceitos importantes tanto para entendermos a “crise hídrica” de 2014/2015 bem como para orientar melhoramentos do sistema de abastecimento a fim de evitar que episódios como aquele se repitam.

Testam-se assim as hipóteses da tese. No item 5.1 é avaliada a hipótese de que projeto do sistema de abastecimento de água da RMSP contribui para a vulnerabilidade hídrica da região e que culminou no evento de 2014/2015. O item 5.2 examina a hipótese de que a chamada “crise hídrica” da Grande São Paulo é, na verdade, um colapso hidrológico induzido por um processo de urbanização alheio a sua base biogeofísica. A hipótese principal da tese, isto é, a Infraestrutura Verde pode ser aplicada no planejamento e projeto de infraestruturas urbanas de abastecimento de água, é testada nos itens 5.3 e 5.4, o primeiro dedicado a indicação de diretrizes conceituais e o último ao desdobramento espacial destas.

5.1 Diagnóstico do sistema de abastecimento da RMSP: entre as limitações naturais, as apropriações populares e as soluções baseadas na paisagem

Em primeiro lugar cabe apontar que em qualquer bacia hidrográfica, o alto curso é a área com a menor disponibilidade hídrica. Isto porque são áreas inclinadas em que a precipitação pluviométrica tende a escoar para jusante rapidamente. A rede hídrica destes locais é composta de pequenos córregos e riachos que apresentam enorme diferença de vazão entre os períodos seco e chuvoso. Embora sejam áreas ricas em nascentes, a ocorrência de represamentos naturais como lagos e brejos são raras quando comparadas com o baixo curso.

Por estar localizado no alto curso do rio Tietê, São Paulo e região possuem uma baixa disponibilidade hídrica natural. A base biofísica do sítio urbano de São Paulo é, portanto, limitada em sua capacidade de fornecer água para abastecimento, bem como em depurar efluentes e armazenar o escoamento de grandes chuvas.

A essa relativa limitação da paisagem paulistana em fornecer serviços ambientais relativos ao saneamento básico (ressaltando que em contrapartida é muito generosa em sua capacidade de oferecer conforto climático e segurança) somaram-se processos de urbanização e de criação de infraestruturas que engendraram um ambiente construído que antagoniza fortemente com a base natural sobre a qual se assentam lares, negócios e sonhos de vinte e dois milhões de pessoas.

No caso do sistema de abastecimento vimos que inicialmente as suas infraestruturas tomavam partido de atributos de sua base natural, com a adução funcionando por gravidade, por exemplo. O crescimento populacional, a influência da engenharia militar e a consolidação do sistema de produção capitalista levaram ao abandono no século XIX de técnicas de domínio popular, típicas do ambiente rural e periurbano, em prol de uma tecnificação da paisagem cada vez mais complexa, artificial e sob o controle exclusivo de especialistas a serviço do Estado e da iniciativa privada.

Este paradigma infraestrutural persiste até hoje e gerou um sistema de abastecimento metropolitano que possui grande parte das fragilidades e inadequações descritas no capítulo 1, a começar por sua megaescala e operação centralizada.

Se por um lado possibilita que políticos e tecnocratas se vangloriem em congressos como administradores de um dos maiores sistemas de abastecimento do mundo, essas características colocam a população - e em certa medida o próprio Estado - à mercê do monopólio de uma empresa com capital político e econômico suficiente para operar com pouca transparência⁸³ e indiferença às demandas

⁸³ Alegando razões de segurança, nomeadamente atos de sabotagem e vandalismo, em 30/05/2015 a SABESP tornou secretos por 15 anos dados operacionais sobre a companhia. Entre as informações sob sigilo estão os pontos a serem poupados em caso de implantação de rodízio de água e a

populares, bem como forçar mudanças na legislação, postergar concessões⁸⁴ e driblar licenciamentos ambientais⁸⁵.

Provavelmente não é exagero afirmar que a população da RMSP hoje é refém da sua empresa de saneamento⁸⁶. A hegemonia técnica da SABESP e sua relação íntima com o governo do estado⁸⁷ a transformou em um organismo aparentemente insubstituível, o que lhe permite agir conforme suas próprias regras, tomando medidas consideradas comprometedoras por muitos como, por exemplo, distribuir bonificações extras⁸⁸ aos seus acionistas em detrimento da realização de investimentos fundamentais (diminuir a dependência do sistema Cantareira, reduzir

localização de equipamentos e redes de água e esgoto, bem como a consulta a projetos técnicos. Ver < <https://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,sabesp-decreta-sigilo-de-15-anos-sobre-dados-da-rede-de-agua-e-esgoto,1778963>>. Acesso em 12/02/2019.

⁸⁴ A outorga concedida em 2004 pelo DAEE (Departamento de Águas e Esgoto do Estado de São Paulo) com vigência até 2014 foi, sob pretexto de “crise hídrica”, postergada duas vezes, expandindo-se até maio de 2017, quando foi renovada por mais dez anos. Segundo especialistas na área, os termos da nova concessão trazem retrocessos como, por exemplo, não levar em consideração previsões climáticas para períodos subsequentes a estiagens e diminuir a vazão mínima para jusante de 3 m³/s para 0,25 m³/s (o que impõe severas restrições à região metropolitana de Campinas). Outro aspecto problemático é que a outorga seguiria considerando apenas aspectos quantitativos da água e não relativos à sua qualidade. Ver: < <http://www.iea.usp.br/noticias/outorga-sistema-cantareira>>. Acesso em 12/02/2019.

⁸⁵ A SABESP só pediu a licença ambiental para captação do rio Guaió, em Suzano, após esta obra de transposição para o sistema Alto Tietê já ter sido realizada. Para se esquivar de problemas com o ministério público, o governador Alckmin teria publicado portaria declarando “situação de criticidade hídrica” a fim de pressionar o CONSEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente) a aprovar um “rito especial” para acelerar o licenciamento. Ver: < <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2015/09/22/sabesp-pede-licenca-ambiental-apos-concluir-obra.htm>>. Acesso em 12/02/2019.

⁸⁶ Dentro do modelo de lucro e rentabilidade, a principal razão de existir do grande negócio da SABESP pode ser vista como decorrente da apropriação privada de recurso natural.

⁸⁷ Um episódio é ilustrativo: a declaração de Dilma Pena, então presidente da SABESP, em uma reunião de cúpula da empresa cujo áudio foi vazado para o jornal Folha de S. Paulo, de que uma orientação superior impedia a empresa de alertar a população sobre a necessidade de economizar água. Naquele momento, outubro de 2014, ocorria campanha eleitoral e o então governador Geraldo Alckmin era candidato à reeleição. Ver < <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/10/1537493-orientacao-superior-impediu-alerta-sobre-crise-diz-presidente-da-sabesp.shtml> >. Acesso em 16/02/2019.

⁸⁸ Segundo matéria da revista Exame, de 26/11/2014, a SABESP é uma das 20 empresas mais rentáveis do país e é obrigada a distribuir 25% do lucro para seus acionistas. No entanto, no período entre 2007 e 2014 ela pagou 48% acima da obrigação legal. Vale lembrar que o governo estadual é o acionista majoritário, com 50,3% das ações, sendo, portanto, o maior beneficiado do pagamento extra. Disponível em < <https://exame.abril.com.br/revista-exame/nao-da-nem-para-acionar/>>. Acesso em 12/02/2019. Outro aspecto problemático da gestão da empresa parece ter sido a escolha nos investimentos realizados, no qual foram priorizadas medidas para o aumento do número de clientes e megaobras de engenharia. Ver < <https://jornalggn.com.br/gestao/sabesp-distribui-ate-60-dos-lucros-aos-acionistas-durante-governo-alcckmin/>>. Acesso em 12/02/2019.

perdas físicas de água, ampliar coleta e tratamento de esgoto e substituir redes de tubulações centenárias)⁸⁹.

O sistema de abastecimento da RMSP também foi planejado e projetado dentro de uma lógica setorial que historicamente desconsiderou outros usos da água. Concebidos dentro da lógica monofuncional, surgiram assim gigantescos reservatórios nas bordas da mancha urbana que foram concebidos quase sempre alheios às sinergias potenciais com outras atividades tais como lazer, esporte, drenagem, proteção da biodiversidade, geração de energia, transporte, agricultura, piscicultura, turismo e esgotamento sanitário. A percepção de que urbanização e água não combinam, que cidade e água são entidades irreconciliáveis, engendrou o uso não sustentável do recurso natural.

Embora a chegada recente do conceito de gestão integrada esteja conseguindo em alguma medida mudar esta lógica impregnada na administração pública e na engenharia, a paisagem produzida pela implementação do SIM segue repleta de conflitos entre os diferentes usos dos recursos hídricos⁹⁰ e a multifuncionalidade das represas, quando há, se deve mais à apropriação popular espontânea do que a investimentos sistemáticos do poder público.

Os grandes reservatórios também revelam outro vício da produção infraestrutural guiada pela engenharia hegemônica: a aplicação de uma mesma solução técnica para todo o território. A opção pela utilização praticamente exclusiva de águas superficiais reservadas em grandes estruturas, em detrimento de outras soluções técnicas possíveis como água subterrânea, reúso, coleta de chuva e captação a fio d'água, tornam o SIM muito vulnerável às mudanças climáticas já que

⁸⁹ Outro exemplo foi a criação de um mecanismo de reajuste automático de tarifas quando a população reduzir muito o consumo e isso tiver efeito negativo nas receitas da empresa. É uma medida inédita no país que desestimula o consumo racional da água. Ver: < <https://exame.abril.com.br/seu-dinheiro/sp-quer-aumentar-preco-da-agua-sempre-que-o-consumo-diminuir/>>. Acesso em 18/02/2019.

⁹⁰ Causa estranheza que a tecnocracia se refira a alguns destes reservatórios, como Billings e Guarapiranga, como “represas de múltiplo uso”, dando assim uma conotação positiva para espaços cujos conflitos de uso causam insatisfações tanto para seus vizinhos e visitantes quanto para as diferentes empresas que as exploram. Um termo mais honesto seria “represa de múltiplos usos conflitantes e não planejados”.

este é um fenômeno de grande escala e uma estiagem prolongada pode atingir simultaneamente todos os mananciais do sistema. Neste cenário pouca utilidade terão as recentes obras da SABESP para aumento da redundância do sistema já que estas constituem-se basicamente de bombas e tubulações que são acionadas para levar água de um manancial para outro quando necessário.

O planejamento para o futuro do sistema, baseado nos tradicionais planos diretores de empresa regulados por instrumentos de gestão pública atrelados a comitês de bacias, ANA (Agência Nacional de Águas) e ao DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo), segue operando dentro da lógica de que o sistema de abastecimento metropolitano é uma estrutura estável que se comporta conforme uma trajetória previsível que pode ser antecipada e gerida com eficiência desde que sejam feitas simulações e modelagens computacionais de dados e tendências relativas à demografia, crescimento econômico e cenários climáticos⁹¹.

No entanto, como vimos, as infraestruturas também são sistemas sujeitos a forças sociais e naturais que são em grande medida imprevisíveis, principalmente no que se refere a ciclos econômicos, cenários políticos e clima. O consumo de água residencial, industrial e agrícola dependem fortemente de contextos políticos, econômicos e sociais. Um quadro de recessão ou o aporte de investidores ou de programas governamentais poderão contrariar fortemente as previsões gerando demissões (ou novos postos de trabalhos), fluxos migratórios, alterações na taxa de natalidade e mudança no perfil das atividades econômicas. Tudo isso, evidentemente, poderá aumentar ou diminuir significativamente a demanda por abastecimento de água.

No mesmo sentido, as mudanças climáticas evidenciaram que planejamento, projeto e gestão infraestrutural devem ser feitas de maneira a se obter um sistema flexível já que o futuro é domínio da incerteza. Como vimos, no contexto da RMSP,

⁹¹ Desta maneira, o planejamento macrometropolitano para o horizonte de 2035 calculou que será necessário que a vazão dos sistemas aumente 60m³/s para atender ao crescimento populacional de 6 milhões de pessoas (DAEE, 2013b, p.4-7), bem como o aumento das atividades agrícolas e industriais. Em relação à RMSP, o aumento populacional esperado para 2035 é de 3,4milhões e a vazão a ser aportada é de 13,6m³/s apenas para o abastecimento público (idem). O uso industrial na RMSP exigirá 2,16m³/s extras e irrigação se manterá estável.

mesmo os mais consagrados especialistas municiados pelos mais modernos programas de modelagem computacional admitem que há incerteza sobre a precipitação pluviométrica futura.

E não poderia ser diferente: a chuva que cai sobre a RMSP e sistema Cantareira depende de um conjunto complexo de fatores como megaprocessos climáticos globais que se originam nos oceanos⁹², urbanização⁹³ e migração da umidade da Amazônia⁹⁴. Fatores que extrapolam enormemente o poder e ação da SABESP, do governo de São Paulo e até mesmo as fronteiras nacionais.

A engenheirização do abastecimento e a captação em manancias cada vez mais afastados levaram o sistema a aproveitar cada vez menos a dimensão infraestrutural da paisagem. Com menos sistemas operando por gravidade, os gastos com bombeamentos tornaram a SABESP a maior consumidora de energia elétrica do estado até muito recentemente⁹⁵.

⁹² Neste quesito destaca-se o “El Niño”. Considerado uma anomalia climática que repete-se em intervalos irregulares, na região sudeste causa aumento das temperaturas e incremento na quantidade de chuvas.

⁹³ São vários os mecanismos pelos quais a urbanização influencia na quantidade de chuva precipitada. A impermeabilização do solo e a supressão da cobertura vegetal diminuem a quantidade de vapor d’água que poderia se transformar em chuva porque reduz a quantidade de umidade do solo e a quantidade de vegetação capaz de realizar a evapotranspiração. O tamponamento de rios e o aterramento de lagos e brejos retiram da paisagem água que em condições normais seria evaporada. Com a emissão de material particulado, a poluição aumenta o número de núcleos de condensação entorno dos quais o vapor atmosférico precisa se agregar e ganhar peso suficiente para se precipitar (ou seja, as chuvas urbanas demandam mais umidade atmosférica do que áreas naturais já que nestas os núcleos de condensação como o pólen são maiores e em menor número). A energia solar armazenada nas superfícies construídas durante o dia, um componente importante do fenômeno “ilha de calor urbana”, muitas vezes impede a ocorrência de precipitações de origem oceânica na medida em que o ar quente e úmido vindo do litoral e que sobe a serra do mar ao longo do dia, quando finalmente chega ao planalto paulista encontra uma superfície quente que tarda a esfriar mesmo durante a noite, muitas vezes não acontecendo o choque térmico necessário para a condensação da água acontecer. Este fenômeno também explicaria o final da garoa que conferia identidade à capital paulista.

⁹⁴ Em entrevista à revista Época, o pesquisador Antônio Nobre, do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), explica que o vapor d’água transpirado pela floresta Amazônica ladeia a cordilheira dos Andes até chegar ao Sudeste do Brasil onde se precipita. Segundo o cientista, o fenômeno dos “rios voadores” pode ser comprometido caso a destruição Amazônia continue. Disponível em < <https://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2014/10/o-desmatamento-da-amazonia-bsecou-sao-paulob.html>>. Acesso em 15/02/2019.

⁹⁵ Recentemente a empresa caiu para segundo lugar, o que foi conseguindo devido a substituição de equipamentos antigos por novos com melhor eficiência energética. Contribuindo ainda de maneira pouco significativa em termos econômicos, mas em direção aparentemente mais sustentável, a empresa implementou projetos-piloto que visam gerar energia por meio do aproveitamento do biogás

O sistema segue operando majoritariamente dentro de uma lógica de produção linear. Isto é, a água é captada e encaminhada para estações de tratamento que garantem sua potabilidade. O consumidor utiliza essa água e gera efluentes que são, em tese, interceptados por redes coletoras que encaminham para estações de tratamento de esgoto dedicadas a retirar parte significativa dos poluentes tornando-o possível o desague em córregos e rios próximos. No entanto, estes, por quase sempre estarem muito poluídos, inviabilizam novas captações à jusante para fins de abastecimento da RMSP.

5.2 Sinergias de um colapso hidrológico anunciado: interferências da urbanização e de outras infraestruturas sobre as águas metropolitanas

Todos esses problemas, que em grande medida são internos ao SIM, afetam e são afetados por outras infraestruturas, atividades produtivas e a urbanização em si. Conforme descrito no capítulo três, estas também estão repletas de problemas e fragilidades porque foram, quase sempre, igualmente concebidas em conflito com a base natural em que estão inseridas e de onde, em alguns casos, retiram recursos naturais para seu próprio funcionamento.

Desta forma, a substituição da cobertura florestal por solos impermeabilizados ou espécies de interesse econômico diminuem a capacidade que a paisagem tem de infiltrar e percolar a água da chuva e assim recarregar os aquíferos subterrâneos, o que aumenta ainda mais a diferença de vazões entre os períodos seco e chuvoso, fazendo que um mesmo reservatório fique praticamente seco em um ano e prestes a transbordar no seguinte. Em especial, a retirada das matas ciliares causa processos erosivos que contribuem para o assoreamento de corpos d'água, inclusive os reservatórios do sistema de abastecimento, que tem a sua capacidade de armazenamento diminuída progressivamente, bem como a qualidade de suas águas.

presente no lodo acumulado nas ETEs e também com a instalação de pequenas usinas hidrelétricas que aproveitam o fluxo d'água das tubulações da rede). Ver < <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2016/08/23/atraves-do-biogas-sabesp-transformara-lodo-em-energia/>> e < <https://www.tratamentodeagua.com.br/sabesp-mini-hidreletricas-canos-de-agua/>>. Acessos em 18/02/2019.

Falhas nas infraestruturas de energia podem causar interrupções no fornecimento de água; sobrecarregamento da drenagem das bacias do rio Pinheiros impossibilitam o pleno aproveitamento da Billings⁹⁶; a falta de universalização da coleta e tratamento de esgoto degradam mananciais, aumentando a complexidade e custo de tratamento; incapacidade das municipalidades em dar soluções habitacionais geram ocupações ilegais⁹⁷ que quase sempre são altamente predatórias para a conservação dos recursos hídricos; a ampliação do sistema viário e dos sistemas de transporte coletivo facilitam tais ocupações, as práticas inadequadas de agricultura, pecuária e indústria nas zonas rurais e periurbanas lançam poluentes nos cursos d'água e contaminam o solo e os aquíferos sob eles; ilhas de calor e emissão de CO₂ por automóveis e indústria alteram padrões de precipitação, inclusive sobre área de mananciais.

Em suma, trata-se de um quadro complexo em que uma série enorme de mudanças antrópicas na paisagem alteraram sobremaneira as dinâmicas naturais, quase sempre desprezando ou contrariando as leis da natureza e os atributos de sua base biofísica.

No que tange às águas da RMSP, o balanço hídrico foi severamente modificado com o aumento vertiginoso do escoamento superficial e a redução significativa da evapotranspiração e da infiltração; padrões de precipitação foram alterados pelo material particulado presente na poluição atmosférica e também pelo fenômeno da ilha de calor; rios e córregos foram canalizados e alguns deles tamponados ou tiveram seu curso invertido, seus meandros retificados e as planícies de inundação, lagos e brejos lindeiros drenados. A recarga natural dos aquíferos foi severamente comprometida, sendo que nas regiões centrais os vazamentos da rede de abastecimento (e em menor escala, de esgotamento) já respondem pela maior parte da água subterrânea urbana.

⁹⁶ Segundo o Instituto Socioambiental (ISA), a Billing poderia abastecer até 4,5 milhões, ou seja, o triplo do uso atual (ISA, 2002).

⁹⁷ Observa-se em São Paulo a ação do crime organizado em invasões de terrenos protegidos em área de manancial. Reportagem do Estado de S. Paulo de junho de 2019 contabilizou 24 áreas invadidas, a maioria na zona sul da cidade. Lotes são vendidos por até cem mil reais. Alguns loteamentos possuem perímetro cercado por muros de concreto pré-moldado e sistemas viário e de vigilância próprios. Ver: < <https://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,crime-organizado-coordena-invasoes-em-areas-de-mananciais-de-sao-paulo,70002884543>>. Acesso em 28/07/2019.

Para esta hidrologia continuar funcionando, em sintonia com as atividades urbanas e infraestruturas, depende de aportes massivos de energia, seja sob a forma de bombeamentos, seja sob a forma de dragagem e limpeza de seus canais de escoamento. Tamanha artificialização por vezes levou os gestores públicos a recorrer a questionáveis técnicas de indução de chuvas⁹⁸.

Como vimos no capítulo três, em período inferior a dois séculos, foram mais de duas dezenas de anos⁹⁹ sob “crise hídrica” – a maior parte de escassez, mas também com a ocorrência de episódios de excesso.

Inadequado, portanto, denominar “crise” um fenômeno tão frequente e que ademais, tem seu intervalo de ocorrência se tornando cada vez mais curto. Por ser condizente com o comportamento de uma hidrologia que entrou em colapso após sofrer reiteradamente tantas alterações de grande escala, entendemos que o fenômeno seria mais bem descrito como colapso hídrico ou colapso hidrológico.

Registre-se que do ponto de vista semântico esta reflexão foi feita pioneiramente pelo jornalista, documentarista e ambientalista brasileiro Dener Giovanini, em artigo publicado pelo portal do jornal O Estado de S. Paulo, em 31 de janeiro de 2015¹⁰⁰:

Crises são acontecimentos abruptos e momentâneos. Um momento difícil na existência, quando enfrentamos – na maioria das vezes – situações quase sempre alheias a nossa vontade. Podemos ter uma “crise renal” quando o nosso corpo sofre um ataque bacteriano ou quando as nossas funções nefrológicas falham subitamente. Podemos ter uma “crise no casamento” quando os cônjuges descobrem segredos ocultos ou quando se desentendem por alguma razão. (...) Outra característica de

⁹⁸ Ver, por exemplo: <<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/05/28/sabesp-faz-investimento-milionario-em-questionada-tecnica-para-fazer-chover.htm>>. Acesso em 17/06/2019.

⁹⁹ Conforme revisão histórica realizada no capítulo 3, é possível listar os seguintes anos sob “crise hídrica”: 1828, 1841, 1846, 1862, 1902,1903,1905,1906,1907,1910,1924,1925, década de 1940, 1958,1963,1964,1969,1985,1994,2000,2003,2010,2014 e 2015.

¹⁰⁰ Ver < <https://sustentabilidade.estadao.com.br/blogs/dener-giovanini/crise-hidrica-que- crise-nao-existe-nenhuma- crise-hidrica/>>. Acesso em 22/02/2019.

uma crise é a sua temporalidade. Crises sempre acabam. Para o mal ou para o bem, em algum momento cessam. Crise que não cessa não é crise. Crise contínua não é crise, é doença crônica (...) Se não é uma crise, o que são então aquelas imagens de represas e açudes vazios? Simples a resposta: um colapso. Um “Colapso Hídrico”! (op. cit)

No entanto, embora aponte algumas causas para o fenômeno (desmatamento, modelo econômico de desenvolvimento, “distribuição de lucros em detrimento dos investimentos em pesquisa e conservação ambiental”, poluição automotiva, políticas públicas equivocadas), por outro lado nega a imprevisibilidade da natureza (“Em se tratando de natureza, tudo é extremamente previsível”), e não estabelece conexões claras com a urbanização, na prática reduzindo a grave ameaça à RMSP a algo estritamente político (“O ‘Colapso Hídrico’ continuará porque o nosso sistema político está totalmente falido e não é mais capaz de planejar a médio e longo prazo”).

Com vimos, questões político-partidárias influenciaram negativamente a gestão do sistema de abastecimento de água metropolitano. No entanto, a precarização do sistema também ocorreu devido a fatores climáticos e, sobretudo, a um século e meio de urbanização e produção infraestrutural que antagoniza com sua base biofísica. Um *modus operandi* que gera novos problemas enquanto tenta solucionar questões pontuais e é praticamente incapaz de tomar partido da dimensão infraestrutural da paisagem, desperdiçando serviços ambientais fundamentais para o bom funcionamento da cidade e de suas infraestruturas, prejudicando o bem-estar da população. No caso de São Paulo, ameaça a própria viabilidade da cidade como polo cultural, industrial, comercial, educacional e econômico.

5.3 Por um sistema de abastecimento metropolitano que tome partido da dimensão infraestrutural da paisagem – considerações e diretrizes

Sistemas infraestruturais que tomam partido da dimensão infraestrutural da paisagem devem ser planejados, projetados e geridos de maneira integrada com outros usos da paisagem, dentro de uma abordagem que articule várias escalas e atores e aceite a incerteza futura.

Do ponto de vista dos espaços físicos gerados, o projeto das paisagens infraestruturais opera a transição das infraestruturas cinzas e engenheiradas, baseadas na monofuncionalidade, controle, previsibilidade, resistência, grande escala, eficiência, centralização e metabolismo linear para infraestruturas verdes que são mais plantadas do que construídas, multifuncionais, flexíveis, adaptativas, resilientes, multiescalares, redundantes, descentralizadas e que buscam usar, reusar e reciclar energia e matéria se valendo dos fluxos e dos serviços ambientais presentes paisagem.

No caso do sistema de abastecimento de água metropolitano, essa transição infraestrutural pode se dar de maneira suave e gradativa, objetivando-se não o abandono e a substituição radical do que já existe e sim a utilização de soluções baseadas na paisagem capazes de “hackear”¹⁰¹ o sistema e a cultura de abastecimento público, gerando assim uma infraestrutura híbrida e social capaz de afastar a escassez estrutural que em última análise ameaça a própria viabilidade da RMSP como conhecemos.

Neste sentido, elencamos algumas diretrizes capazes de guiar o redesenho do SIM:

- *Aumentar a redundância do sistema por meio da diversificação das fontes hídricas utilizadas, priorizando o uso das águas internas*

¹⁰¹ O termo proveniente da ciência da computação é utilizado aqui com a acepção de que um “hack” é uma modificação rápida e inteligente realizada em sistema existente que melhora o seu desempenho e providencia ao usuário acesso a recursos não disponibilizados pelo criador do sistema.

- A) Água subterrânea. Novos subsistemas de abastecimento que utilizem água subterrânea retardarão em anos os impactos de estiagens prolongadas já que o processo de infiltração e percolação da água da chuva até os aquíferos confinados profundos é lento. Conforme apontado anteriormente, estudo de BERTOLO et al (2016) informa que o potencial de exploração segura e economicamente viável de 33m³/s para a RMSP. Os poços profundos podem ser estrategicamente localizados perto de estruturas existentes de adução e reservação, inclusive em áreas densamente povoadas. Estima-se de que 10 m³/s já estejam sendo explorados atualmente¹⁰², parte de forma clandestina. Levantamentos geológicos devem ser realizados para revelar pontos de maior produtividade.
- B) Água de reuso. A somatória das vazões das estações de tratamento de esgoto da RMSP totaliza 18m³/s. Menos de 1m³/s é reusado atualmente, a maior parte pela experiência pioneira da Aquapolo (0,65m³/s). Embora seja possível coletar água tratada em qualquer ETE para reuso não potável, o custo do frete torna o uso economicamente inviável. Da mesma maneira, redes de distribuição de água de reuso não potável devem ser exclusivas, sendo economicamente viáveis apenas em situações específicas, como é o caso da Aquapolo, que instalou uma rede para servir um núcleo petroquímico na região do ABC. Neste sentido, a deposição dos efluentes tratados pelas ETEs nos cursos d'água explorados pelo sistema de abastecimento seria uma maneira de aumentar a utilização da água de reuso, mas a ideia de reuso para fins potáveis sofre forte rejeição da população. Mancuso (1992) observou que se trata de um preconceito fruto da desinformação já que os estudos de caso que conduziu na represa Guarapiranga e no rio Cotia demonstraram que o reuso para fins potáveis na RMSP já é feito (p. 122). Uma contribuição que a dimensão infraestrutural da paisagem pode oferecer para reverter esse quadro é o tratamento adicional da água de reuso por lagos e alagados construídos (duas tipologias paisagísticas da infraestrutura verde). A população, ao ver que estes reservatórios que recebem água de

¹⁰² Estudo de Rodrigues (2002) mostra, por exemplo, que na região da av. Paulista, a exploração da água subterrânea por poços profundos é responsável por 57% do abastecimento local.

reuso¹⁰³ são capazes de atrair a biodiversidade e atividades de lazer, esporte e pesca, certamente perceberia a boa qualidade da água, minando-se assim o preconceito para seu aproveitamento no abastecimento público.

C) Água da chuva e águas urbanas. Trata-se de incentivar a utilização vernacular dos recursos hídricos de forma descentralizada. Numa primeira categoria, embora cacimbas, bicas e recuperação de nascentes produzam uma quantidade de água geralmente muito modesta (inferior a 0,2m³/hora), o que na prática atribuiu a elas uma capacidade marginal para o abastecimento público em áreas densamente povoadas, são apropriações da paisagem importantes já que são dotadas de potencial educativo ao aproximar e sensibilizar a população urbana em relação aos fenômenos da natureza, evidenciando a necessidade de proteger e fazer bom uso da água. Em uma segunda categoria, as ancestrais cisternas, se bem dimensionadas, podem reduzir significativamente o consumo de água já que a maior parte do uso doméstico não requer que a água seja potável. A contribuição da arquitetura e da engenharia civil neste aspecto é importante porque podem propor em seus projetos redes redundantes para utilização da água da chuva ou até mesmo da água bombeada do subsolo de grandes edifícios. Em geral estas águas possuem ótima qualidade e fluem em grande quantidade (vazão superior a 2m³/hora), sendo pouco utilizadas atualmente¹⁰⁴.

- *Diversificar as soluções*

Diferentes áreas exigem diferentes tipos de intervenções e neste sentido, a observação das oportunidades e restrições relativas aos diferentes compartimentos do relevo são fundamentais para harmonizar os diferentes

¹⁰³ Trata-se, portanto, de proposta para reúso potável indireto, conforme definido por Mancuso: “neste caso, o esgoto após tratamento é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável” (1992, p.10).

¹⁰⁴ Além da água da chuva e subterrânea poderem ser utilizadas na irrigação de áreas verdes, limpeza de pisos e lavagem de roupa, podem estruturar projetos de paisagismo, dando assim um tratamento mais respeitoso para as águas urbanas do que o seu atual descarte no meio fio do leito viário. A reintrodução da água nos jardins condominiais prestaria importantes serviços ambientais para a cidade, como o aumento da umidade do ar e da biodiversidade e combate às ilhas de calor, ao mesmo tempo em que poderia criar um forte senso de identidade local e resgatar, no plano simbólico, um pouco da hidrografia ocultada pela urbanização.

usos e ocupação do solo com a base biofísica da RMSP, colaborando com a reversão do colapso hidrológico metropolitano.

- *Planejar para as incertezas*

A) Variável climática. Criar estratégias que permitam ganhar tempo até que sejam obtidos dados mais confiáveis quanto às mudanças climáticas. Ao mesmo tempo pode-se adotar a abordagem “context-first”; isto é pensar soluções menos dependentes das projeções sobre clima, com o planejamento partindo dos problemas atuais mais evidentes e valorizando as interações com os riscos e as oportunidades de outros setores, criando assim sinergias e benefícios a ambos.

B) Variáveis demográficas e econômicas. Adotar medidas reversíveis e flexíveis que permitam mudanças de curso caso não se verifiquem as projeções demográficas e de aumento de demanda produtiva.

C) Priorizar medidas “no regret”. São consideradas “livres de arrependimento” as intervenções físicas e as políticas públicas que tragam benefícios mesmo que não ocorram as projeções climáticas, demográficas ou econômicas. Por exemplo, reflorestamento, recuperação de matas ciliares, universalização da coleta e tratamento de esgoto, redução de perda física de água tratada e medidas de controle na fonte para evitar que o escoamento superficial da água da chuva contamine solos e a rede hídrica.

- *Incrementar o sistema de maneira integrada*

As soluções de abastecimento devem ser concebidas de forma a se harmonizar com o enfrentamento de outros problemas da RMSP como perda de biodiversidade, ilha de calor, conurbação, drenagem urbana e degradação de bacias hidrográficas urbanas. Neste sentido, a recuperação do balanço hídrico de bacias hidrográficas para níveis próximos ao da pré-urbanização pode colaborar com o incremento das precipitações locais (mais dependentes do pequeno ciclo da água); e o retrofit dos reservatórios e a sua integração com parques lineares de córregos tributários são estratégicos para alcançar a

necessária multifuncionalidade do sistema. Emerge também a oportunidade da companhia de abastecimento diminuir sua dependência no que tange ao consumo de energia elétrica¹⁰⁵, já que os cerca de 300km² de espelhos d'água dos reservatórios do SIM podem abrigar painéis solares flutuantes (ver figura a seguir) capazes de gerar energia para o funcionamento das instalações da empresa, notadamente os bombeamentos¹⁰⁶.



Figura 42 Usina fotovoltaica flutuante de 180.000m² no reservatório Yamakura, no Japão. Fonte: <<https://www.edfenr.com/actualites/japon-construit-plus-grande-centrale-solaire-flottante-monde/>>. Acesso em 28/02/2019.

Devido ao sombreamento que produz, a tecnologia contribui também com a diminuição das taxas de evaporação e proliferação de algas.

- *Aumentar o controle social sobre o sistema de abastecimento*

A SABESP e demais companhias municipais de abastecimento devem primar pela transparência de informações, tornando seus dados públicos e de fácil acesso, realizando consultas públicas para decidir investimentos e ações e adotando soluções de tecnologia social sempre que disponíveis.

¹⁰⁵ Sem descartar as iniciativas da empresa com a geração de energia por meio de micro usinas hidrelétricas que aproveitam o fluxo de água das tubulações e também do biogás presente no lodo acumulado nas ETEs.

¹⁰⁶ A represa da usina Sobradinho, na Bahia, recebeu em 2018 7300 módulos de placas solares, totalizando área de 10.000m². O investimento foi de R\$ 56 milhões e a capacidade energética obtida foi de 1 megawatt-pico (MWp), energia suficiente para abastecer 4 mil casas. Ver: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2018/11/28/internas_economia,722158/plataforma-solar-flutuante-em-barragem-de-hidreletrica-e-pioneira.shtml>. Acesso em 28/02/2019.

5.4 Com o que se parece um sistema de abastecimento de água que toma partido da dimensão infraestrutural da paisagem

Em seguida, as diretrizes elencadas no item anterior serão testadas por meio de estudos de caso e aplicações conceituais. Foram escolhidos recortes espaciais representativos de diferentes formas de ocupação do solo que dialogam fortemente com questões relativas a recursos hídricos e abastecimento. Imagina-se que desta maneira as soluções propostas possam ser replicadas mais facilmente em outras áreas da RMSP. Neste sentido, foram escolhidas quatro situações típicas: zona rural, área periurbana, ocupação precária de zona de manancial e área densamente urbanizada,

5.4.1 Boas práticas rurais: Projeto Conservador das Águas, Extrema (MG)

No município mineiro de Extrema, nas cabeceiras do rio Jaguari, um dos mananciais tributários do sistema Cantareira, encontramos a aplicação de técnicas simples e tradicionais que demonstram as contribuições que a paisagem rural pode dar para fins de abastecimento público de água.

Trata-se do Projeto Conservador das Águas, experiência pioneira no Brasil de pagamento por serviços ambientais (PSA). O projeto foi criado por meio da lei municipal 2100, em 2005, e articula esforços do departamento de meio ambiente municipal, do Instituto Estadual de Florestas (IEF-MG), das ongs TNC (The Nature Conservancy) e SOS Mata Atlântica, do Comitê de Bacias PCJ e da Agência Nacional de Águas (ANA).

De acordo com Pereira os principais objetivos do projeto são:

- A) Aumentar a cobertura florestal nas sub-bacias hidrográficas e implantar micro corredores ecológicos;
- B) Reduzir os níveis de poluição difusa rural, decorrentes dos processos de sedimentação e eutrofização e de falta de saneamento ambiental;
- C) Difundir o conceito de manejo integrado de vegetação, solo e da água na bacia hidrográfica do Rio Jaguari;
- D) Garantir a sustentabilidade sócio-econômica e

ambiental dos manejos e práticas implantadas, por meio de incentivos financeiros aos proprietários rurais (2017, p.23).

Os produtores rurais inseridos nas subbacias hidrográficas trabalhadas pelo projeto que voluntariamente aderem ao projeto recebem anualmente 100 UFEX¹⁰⁷ por cada hectare que cumprisse as seguintes metas:

- 1) Adoção de práticas conservacionistas de solo, com finalidade de abatimento efetivo da erosão e da sedimentação;
- 2) Implantação de sistema de saneamento ambiental rural;
- 3) Implantação e manutenção de APP's;
- 4) Implantação da Reserva Legal.

A implantação do projeto priorizou as microbacias exploradas para o abastecimento municipal que tivessem a menor cobertura florestal nativa. Desta maneira, o projeto iniciou pela microbacia do ribeirão das Posses, uma área de 1254 hectares em que localizam-se 120 propriedades rurais e que à época tinha menos de 10% de cobertura vegetal. Ver localização na figura a seguir.

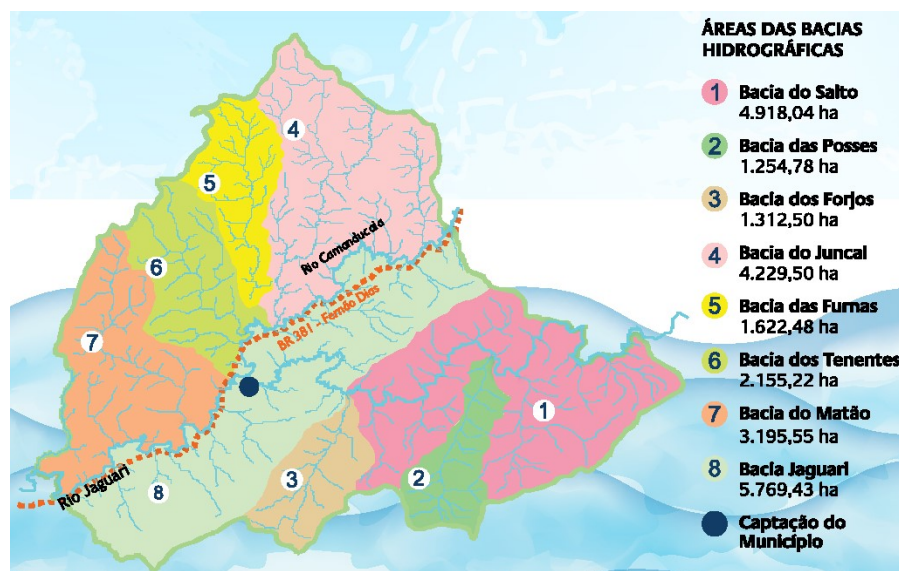


Figura 43 Divisão de subbacias do rio Jaguari adotada pelo Projeto Conservador de Água. Fonte: < <https://www.nature.org/media/brasil/conservador-de-aguas-10-anos.pdf>>. Acesso em 11/03/2019.

¹⁰⁷ UFEX é a sigla para Unidade Fiscal de Extrema. Em 2018, o decreto nº 3.305 de 10 de janeiro, fixou o seu valor em R\$2,85.

As intervenções começaram com a aplicação de práticas de conservação do solo nas estradas como “a reconstrução dos taludes, leitos, cascalhamento, construção de um sistema de drenagem e captação de água ao longo das estradas e construção de bacias de infiltração – ‘barraginhas’.” (Idem, p. 31).

Nas propriedades propriamente ditas, as primeiras intervenções foram o cercamento de áreas próximas de cursos d’água para evitar o pisoteio do gado, o abandono de áreas para que ocorresse a regeneração natural, reflorestamento de mata ciliar, construção de terraços e barraginhas, adequação de estradas vicinais e implantação de áreas de proteção permanente (APP) e reservas legais. Um detalhe importante é que o programa permite flexibilidade no que diz respeito às práticas e manejos propostos (Idem, p.23), inclusive com a negociação dos perímetros das áreas a serem afetadas.

Em 2011, com o encerramento dos primeiros 22 contratos de cooperação celebrados em 2007, Pereira informa que os agricultores foram contatados para a renegociação de metas “visando a ampliação das áreas de restauração florestal nos topos de morro” (idem, p. 70). Na mesma época o projeto foi expandido para a microbacia vizinha, do Salto, uma área de 4918 ha. No ano seguinte abarcou a microbacia dos Forjos, uma área de 1312ha.

Desde então o projeto recebeu prêmios internacionais e novos parceiros, inclusive com aporte financeiro de empresas. Em 2017, o projeto já contava com a adesão de 238 propriedades rurais que ocupam área de 6523 hectares e que foram remunerados em R\$5,2 milhões de reais pelos serviços ambientais prestados desde 2007. Como podemos ver nas figuras abaixo, uma expressiva alteração na paisagem foi obtida com o plantio de mais de um milhão e meio de árvores, 277 mil metros de cercas construídas, mil bacias de contenção pluvial implementadas e 40 mil metros de terraços.

Em 2018, já atuando também na microbacia dos Forjos, o projeto foi contemplado com atos de desapropriação de terras com o objetivo de criar o Parque Natural Municipal Conservador de Águas, totalizando 247 hectares até aquele momento.



Figura 44 Exemplo de recuperação de talvegue e mata ciliar, antes e depois. Fonte: < <https://www.nature.org/media/brasil/conservador-de-aguas-10-anos.pdf>>. Acesso em 11/03/2019.



Figura 45 Terraceamento de propriedades participantes do projeto conservador de águas. Fonte: < <https://www.nature.org/media/brasil/conservador-de-aguas-10-anos.pdf>>. Acesso em 11/03/2019.

O relatório “Água: biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano no Brasil” (BPBES, 2019) destaca esta iniciativa e estima que a recomposição da vegetação nativa no Sistema Cantareira pode reduzir em cerca de três vezes os custos com o tratamento de água (p.16).

5.4.2 Revertendo ocupação precária em zona de manancial: uma Infraestrutura Verde para a Billings

Para investigar como soluções baseadas na paisagem podem colaborar com a qualidade de água em área de manancial ocupada de forma precária, foi realizado

estudo em que tipologias de infraestrutura verde foram espacializadas em uma microbacia do ribeirão Cocaia, um dos braços da represa Billings.



Figura 46 Paisagem recorrente ao longo do ribeirão Cocaia. Foto do autor.

Sua distribuição partiu da leitura estratégica da base geofísica local conforme metodologia de Schutzer (2004, 2012) e adaptada por Bonzi para o contexto da infraestrutura verde (2015a, 2015b). O relevo é compartimentado em zonas ambientais¹⁰⁸, conforme explicado no primeiro capítulo. Ver próxima figura.

¹⁰⁸ Os autores identificaram quatro compartimentos principais:

- Topo de morro (plano e elevado). Compartimento indutor de processos naturais. (...) predomina a infiltração da água da chuva, que percola pelo solo e realiza a recarga do lençol freático e abastecimento das nascentes. (...)
- Encosta de colina. Compartimento transmissor de processos naturais. (...) predomina o escoamento superficial da água da chuva sobre a infiltração. As nascentes surgem em sua base, nos pontos em que ocorre a transição para uma topografia mais suave, de baixíssima declividade.
- Terraços. Sua tabularidade confere capacidade de infiltrar a água da chuva e a altimetria em relação ao nível da represa, apesar da proximidade da linha d'água, o salvaguarda de inundações. É um compartimento receptor de processos naturais, notadamente o escoamento superficial e os sedimentos (...)
- Planície aluvial. Esta área está sujeita a inundações e cheias periódicas. Apesar de ser um terreno com pouca declividade, sua proximidade altimétrica do nível do espelho d'água da represa e o lençol freático a poucos metros da superfície diminuem radicalmente a capacidade de infiltração do compartimento. (...) o escoamento superficial se vê limitado ao próprio curso d'água. O processo natural predominante é o armazenamento de água, com predisposição à formação de lagos, brejos e vegetação vigorosa. É um compartimento receptor de água e sedimentos (Idem, p. 51-52).

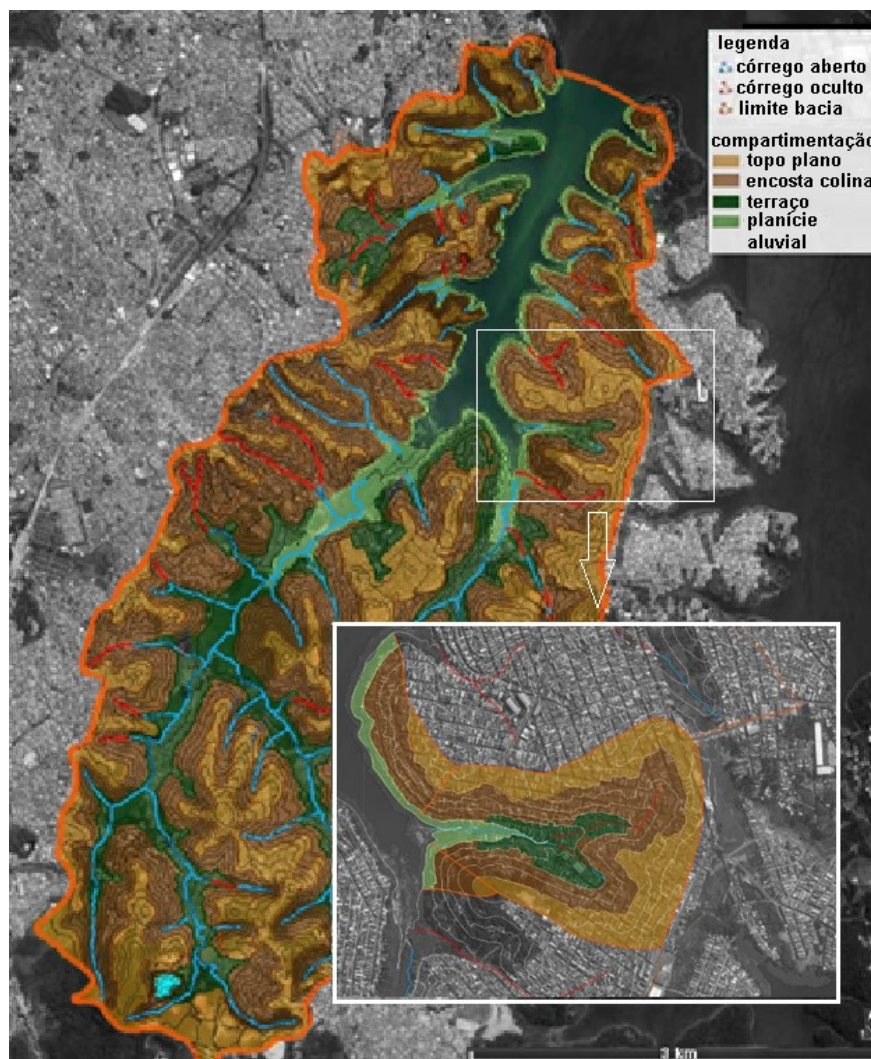


Figura 47 Compartimentação da bacia hidrográfica do Ribeirão Cocaia e de microbacia escolhida, no detalhe. Elaborado pelo autor.

Ao lado de visitas de campo de caráter exploratório, consulta a planos existentes (PDE e LPUOS) e levantamento de bases temáticas convencionais como rede de esgotamento sanitário, equipamentos urbanos, hidrografia e sistema viário (ver figura a seguir) foi possível identificar os problemas e as potencialidades de sua base natural.

A área de drenagem do pequeno córrego sem nome, acrescida das bacias de contribuição difusas adjacentes, totalizam 0,56km². Bonzi et al (2017, p.46) estimam que cerca de 18 mil pessoas habitem esta região que pode ser descrita como tendo baixa oferta de emprego, alta vulnerabilidade social e predominância de residências horizontais de baixo padrão.



Figura 48 Área de estudo com indicação de cursos d'água, referências principais, rede coletora de esgoto existente e sua estação elevatória. Elaborado pelo autor a partir de bases de <<http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br>>. Acesso em 15/03/2019.

A exemplo do que acontece em grande parte das bacias formadoras da represa Billings, tanto a coleta quanto o tratamento do esgoto local não foram universalizadas, sendo apenas parte dela bombeada por uma estação elevatória para tratamento na ETE Barueri, dezenas de quilômetros adiante.

Além do esgoto in natura despejado na represa, também colabora para a deterioração do manancial o escoamento superficial da água da chuva que carrega para os corpos d'água o lixo não coletado, fezes de animais, particulados, dejetos automotivos como pastilha de freio, óleo e fragmentos de pneus. A urbanização da área erradicou a mata ciliar e as áreas úmidas que poderiam reter parte deste material. A impermeabilização do solo por sua vez, aumentou o volume do escoamento já que a paisagem perdeu sua capacidade de infiltrar e evapotranspirar a água da chuva.

A fim de reverter este quadro foram estabelecidas 10 diretrizes capazes de harmonizar a ocupação e os processos naturais que ocorrem nesta área, acarretando melhora da qualidade da água despejada na represa.

| DIRETRIZ | IMPORTÂNCIA (FUNÇÃO) | MÉTODO | AÇÕES | ÁREAS |
|--|--|---|--|---|
| Aumento de infiltração do solo | Melhoria no balanço hídrico e recarga do aquífero | Compartimentação do terreno | Implantação de áreas verdes, jardins de chuva, canteiros fluviais e biovaletas | Áreas planas e terraços |
| Manejo do escoamento superficial | Melhoria no balanço hídrico, proteção de áreas de risco, diminuição da erosão, assoreamento e inundações | Análise do relevo e da rede de drenagem existente | Biovaletas, remoção de moradias em áreas de risco, terraceamento, canteiros pluviais de armazenamento | Sistema viário, drenagem natural, colinas |
| Requalificação de córregos | Melhoria no balanço hídrico, uso das orlas para lazer, aumento da biodiversidade, identidade local | Compartimentação do terreno, uso e ocupação do solo, mapeamento de córregos ocultos | Remoção de moradias em áreas próximas aos cursos d'água, desenho da orla fluvial | Orla dos córregos |
| Tratamento do esgoto | Melhoria da qualidade da água | Análise do relevo e da rede de coleta existente | Microestações de tratamento | Universalizar o atendimento |
| Requalificação da orla da represa | Melhoria da qualidade da água, lazer, aumento da biodiversidade, navegação | Análise do uso e ocupação do solo, ortofotos | Remoção de moradias em áreas próximas à represa, desenho da orla fluvial | Desapropriação e áreas ociosas |
| Incentivar mobilidade fluvial | Vencer longos trajetos impostos pelo contorno à represa. Redundância modal | Análise do tecido urbano e orla da represa | Portos e passarelas | Represa e planícies aluviais |
| Manutenção dos fundos de braço da represa | Melhoria da qualidade da água, aumento do armazenamento, uso das orlas para lazer e navegação | Análise dos pontos de assoreamento | Dragagem, criação de alagados para melhoria da qualidade da água | Fundo de braço assoreados |
| Remoção de população em área de risco | Evitar perdas humanas | Aplicação do novo PDE | Produção de habitação de interesse social | Planícies aluviais e orla do córrego |
| Criação de opções de lazer | Saúde, sociabilidade, cultura | Identificação de espaços ociosos e <i>retrofit</i> de áreas existentes | Criação de novas áreas e conexão a áreas existentes | Toda a área |
| Complementação do abastecimento de água | Segurança hídrica, conscientização, menor consumo de água tratada e economia financeira | Redundância de fontes, reúso e reciclagem | Cisternas, reúso de esgoto, tratamento de escoamento e águas cinzas por alagados, microestação de tratamento | Toda a área. Sobreretudo nas novas habitações |

Quadro 8 - Diretrizes de intervenção. Fonte: Bonzi et al, 2017, p. 54.

A transformação destas diretrizes em espaço físico assume que a requalificação da orla da represa é o eixo estruturador da intervenção, implicando na remoção de 360 habitações lindeiras, aproximadamente 10% da população¹⁰⁹.

A próxima figura mostra a planície aluvial convertida em uma paisagem infraestrutural multifuncional e híbrida. Duas pequenas estações de tratamento de esgoto (com capacidade para atender 20 mil pessoas) instaladas em cotas baixas do terreno direcionam o efluente tratado em nível secundário para um sistema de alagados construídos e biovaletas que além de oferecer uma etapa extra de limpeza tem a função prioritária de interceptar e tratar a poluição difusa carregada pelo escoamento superficial dos primeiros minutos de chuva, que atualmente chega na represa e prejudica a qualidade das águas.

¹⁰⁹ Para efeito de comparação, trata-se de uma remoção 50% menor do que a realizada no Cantinho do Céu. O projeto assumiu o compromisso que estas pessoas devem ser realocadas em habitações sociais localizadas na mesma microbacia, em área que o zoneamento já definiu como zona de interesse social (ZC-ZEIS).



Figura 49 Planta baixa de requalificação da orla. Fonte: Bonzi et al, 2017, p. 57.

A próxima figura mostra um corte típico da orla requalificada.



Figura 50 Corte esquemático da orla requalificada. Fonte: Bonzi et al, 2017, p. 56.

A fim de diminuir a quantidade de escoamento superficial, as ruas paralelas às curvas de nível¹¹⁰, localizadas preferencialmente nas áreas planas dos topos de morro, receberam canteiros pluviais, tipologia capaz de infiltrar e/ou evapotranspirar a água da chuva. A retenção da água intralote por meio de tetos-verdes e cisternas, como pode ser vista na próxima ilustração, também diminuem o escoamento superficial. As cisternas cumprem ainda a importante tarefa de diminuir o consumo de água tratada, aliviando assim a pressão sobre os reservatórios do sistema de abastecimento.

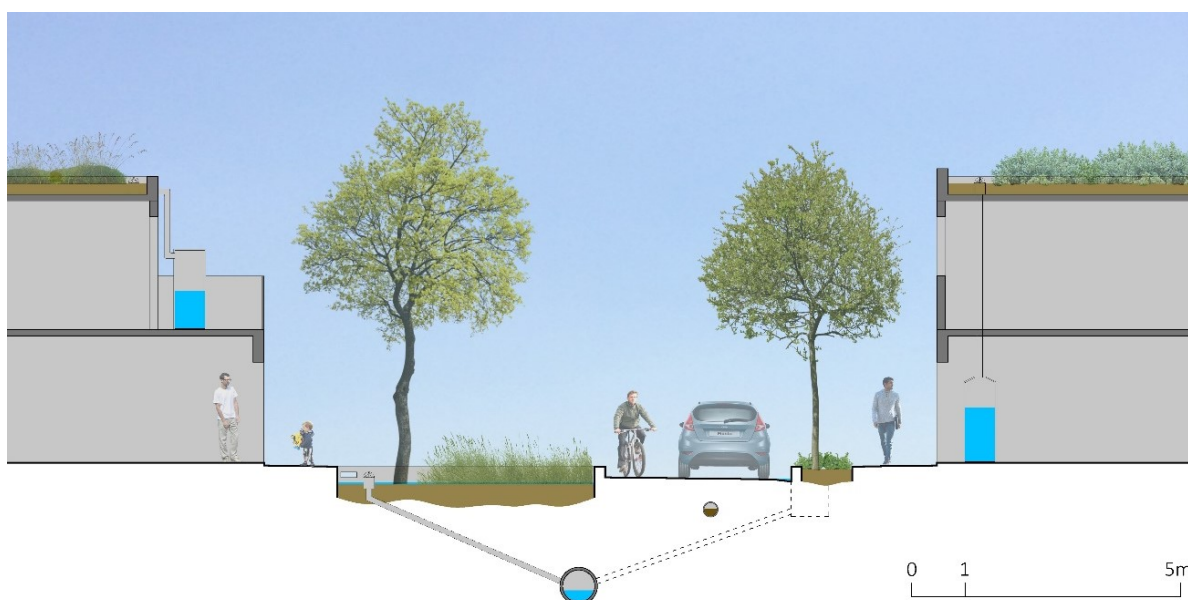


Figura 51 Corte esquemático da requalificação de ruas com canteiros pluviais e lotes com tetos-verdes e cisternas. Fonte: Bonzi et al, 2017, p. 58.

¹¹⁰ Bonzi et al explicam que “essa é a disposição espacial com maior capacidade de interceptar a água da chuva antes dela alcançar a rede de drenagem convencional” (2017, p. 57).

Demonstrando que moradia e áreas verdes não precisam ser inimigas na disputa pelo tecido urbano, as habitações sociais que acomodam a população removida têm jardins que desempenham funções infraestruturais importantes para o funcionamento dos edifícios. Um sistema de alagados construídos, biovaletas e lagos tratam as águas cinzas geradas pelos moradores, manejam o escoamento superficial, incentivam a recarga de aquíferos e fornecem água para fins não potáveis como limpeza de pisos e rega de vegetação. Como é possível observar na figura a seguir, nas unidades dispostas ao longo da estrada do canal Cocaia, a infraestrutura paisagística e a ausência de muros criaram um continuum entre as residências e os novos parques previstos para a região.



Figura 52 Planta baixa das novas habitações sociais, orlas requalificadas do córrego e da represa e zona de infiltração com mirante, ao sul. Fonte: Bonzi et al, 2017, p. 60.

Na imagem anterior vemos que a orla requalificada se conecta às penínsulas vizinhas por passarelas. A mata ciliar do córrego sem nome foi recomposta e seu leito recebeu barramentos para aumentar o espelho d'água e criar nichos para plantas aquáticas que retêm sedimentos e poluentes.

5.4.3 Área periurbana: esboço para represas multifuncionais de reúso

Tendo em vista que a produção de efluentes pelas ETEs metropolitanas superam a vazão das obras de transposição recentes e a qualidade dos efluentes é geralmente superior à qualidade da água dos córregos e rios urbanos, tornou-se estratégico para a RMSP fazer uso em larga escala destas águas internas. Embora a experiência Aquapolo aponte para uma maneira de utilizá-las, não se observam até o momento demandas pela replicação do esquema apesar da atividade industrial ainda ser relevante na RMSP.

Desta maneira, propõe-se aqui estratégia baseada na dimensão infraestrutural da paisagem para potencializar o reúso potável indireto: a transposição de efluentes tratados por ETEs para alagados construídos ou naturais localizados a montante de ETAs existentes.

A análise da paisagem no entorno das ETEs revelou a existência de duas situações em que há vastos setores pouco urbanizados próximos às estações e em compartimentos ambientais tipicamente recrutados para represamentos: as planícies aluviais e os terraços adjacentes, que na região metropolitana localizam-se abaixo da cota de 750 metros.

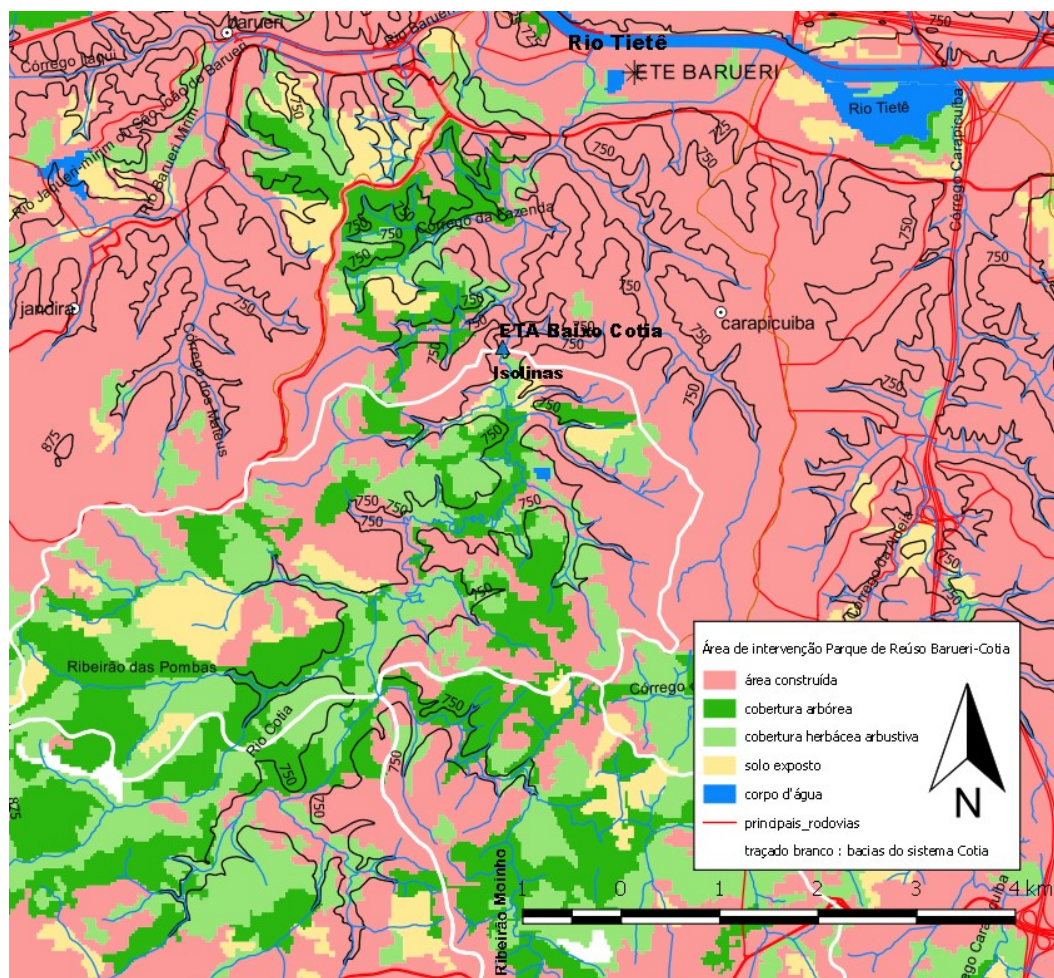


Figura 53 Área de intervenção próxima a ETE Barueri e ETA Baixo Cotia. Elaborado pelo autor.

Uma destas áreas localiza-se ao sul do rio Tietê, nos municípios de Jandira, Carapicuíba, Barueri e Cotia. Como pode-se ver na imagem anterior, a área a montante da ETA Baixo Cotia e das represas Isolina Superior e Inferior, é pouco urbanizada e o uso do solo predominante é a cobertura herbácea arbustiva, o que no contexto diz respeito a matas ciliares em diversos estados de conservação, áreas alagadiças naturais, chácaras e campos de golfe dotados de pequenos lagos. Os setores urbanizados obviamente estão em conflito com a legislação já que se trata de área de manancial, sendo compostos de loteamentos irregulares e habitações autoconstruídas. Tratam-se de áreas passíveis de desapropriação a relativo baixo custo.

A transposição de 8km dos efluentes produzidos pela ETE Barueri para esta área, somada à vazão do rio Cotia formaria um alagado com espelho d'água de até 4,7km² (ver figura a seguir).

bastante degradado com esgoto in natura e escoamento superficial oriundos das manchas urbanas de Cotia, Carapicuíba, Jandira e Barueri, e, em menor escala, de Vargem Grande Paulista e Embu das Artes. Com a melhoria da qualidade das águas que chegam para serem tratadas na ETA Baixo Cotia, menos insumos e tempo de retenção hidráulica seriam necessárias para torná-la potável, o que baratearia o custo do m³ de água potável produzido.

Esta estratégia baseada na paisagem possibilitaria também a expansão do sistema Alto Cotia já que atualmente parte da vazão do rio é destinada à diluição de poluentes que o atingem em seu médio curso. Com a diluição de poluentes sendo feita pelos efluentes tratados em Barueri, essa água poderá ser remanejada para uso do sistema de abastecimento.

As variações de cotas do terreno alagado permitirão o plantio de diferentes tipologias de espécies de plantas aquáticas (emergentes, flutuantes, fixas de folhas flutuantes, submersas) capazes de fornecer o serviço ambiental de purificação da água.

Para além das soluções relativas ao abastecimento de água, esta intervenção aporta com outros benefícios tais como incremento da biodiversidade, drenagem e obstáculo para o processo de conurbação dos municípios de Jandira, Carapicuíba, Cotia e Barueri. Esta nova paisagem hídrica pode receber um tratamento paisagístico que permita seu uso também como parque e centro de educação ambiental. A área central e mais profunda do espelho d'água poderá receber painéis solares flutuantes a fim de gerar localmente a energia elétrica consumida pela ETA Baixo Cotia, por equipamentos e pela administração do parque.

A estratégia apresentada também pode ser aplicada no sistema Alto Tietê, especificamente para o aproveitamento dos cerca de 1,5m³/s de efluentes tratados pela ETE Suzano. Conforme pode-se verificar na imagem a seguir, a estação está próxima da ETA Taiapuêba. Situado na fronteira entre os municípios de Mogi das Cruzes e Suzano, tanto o entorno da ETA quanto da represa possui vasta área não urbanizada em planícies aluviais e terraços, compartimentos do relevo que facilitam o represamento necessário para criação de wetlands construídos.

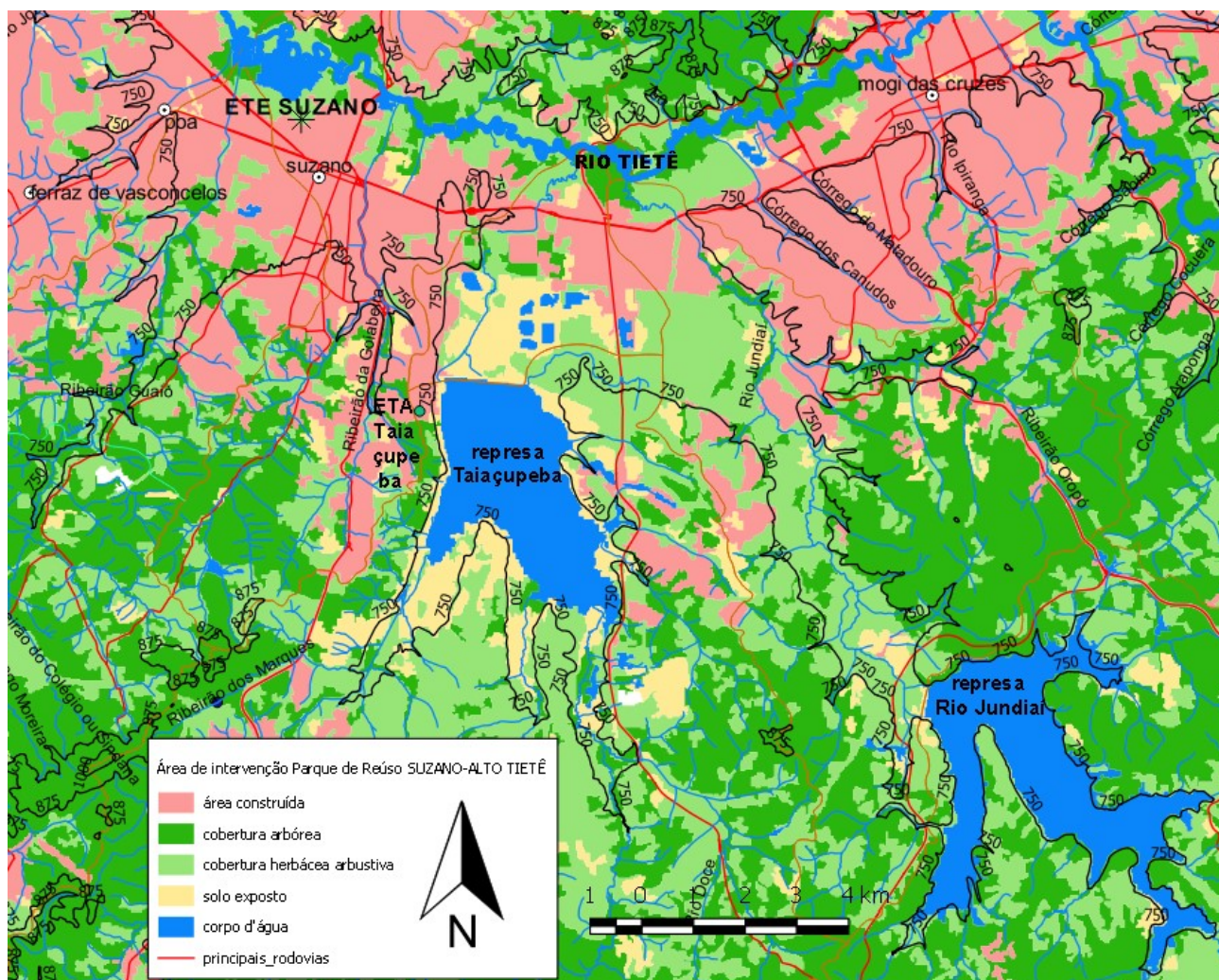


Figura 55 Área no entorno da ETE Suzano e ETA Taiaçupeba, do sistema Alto Tietê. Elaborado pelo autor.

5.4.4 O desafio das áreas densamente povoadas: uma proposta para a bacia hidrográfica do córrego Mandaqui

Para investigar como soluções baseadas na paisagem podem minimizar a vulnerabilidade hídrica que se verifica até mesmo em amplos setores da cidade formal, foi selecionada como área de teste a bacia do córrego Mandaqui, um afluente da vertente direita do rio Tietê que drena área de 18,6km².

Localizada na zona norte da capital, abriga bairros importantes e densamente povoados como Santana, Casa Verde e Limão. Trata-se de área predominantemente residencial com edificações de médio e alto padrão, dotada de infraestruturas, serviços e equipamentos públicos, em que tanto o abastecimento de água quanto o esgotamento sanitário foram universalizados. A população estimada

é de pouco mais de 190 mil pessoas, que consomem diariamente cerca de 38.423 m³ de água, a maior parte tratada pela SABESP.

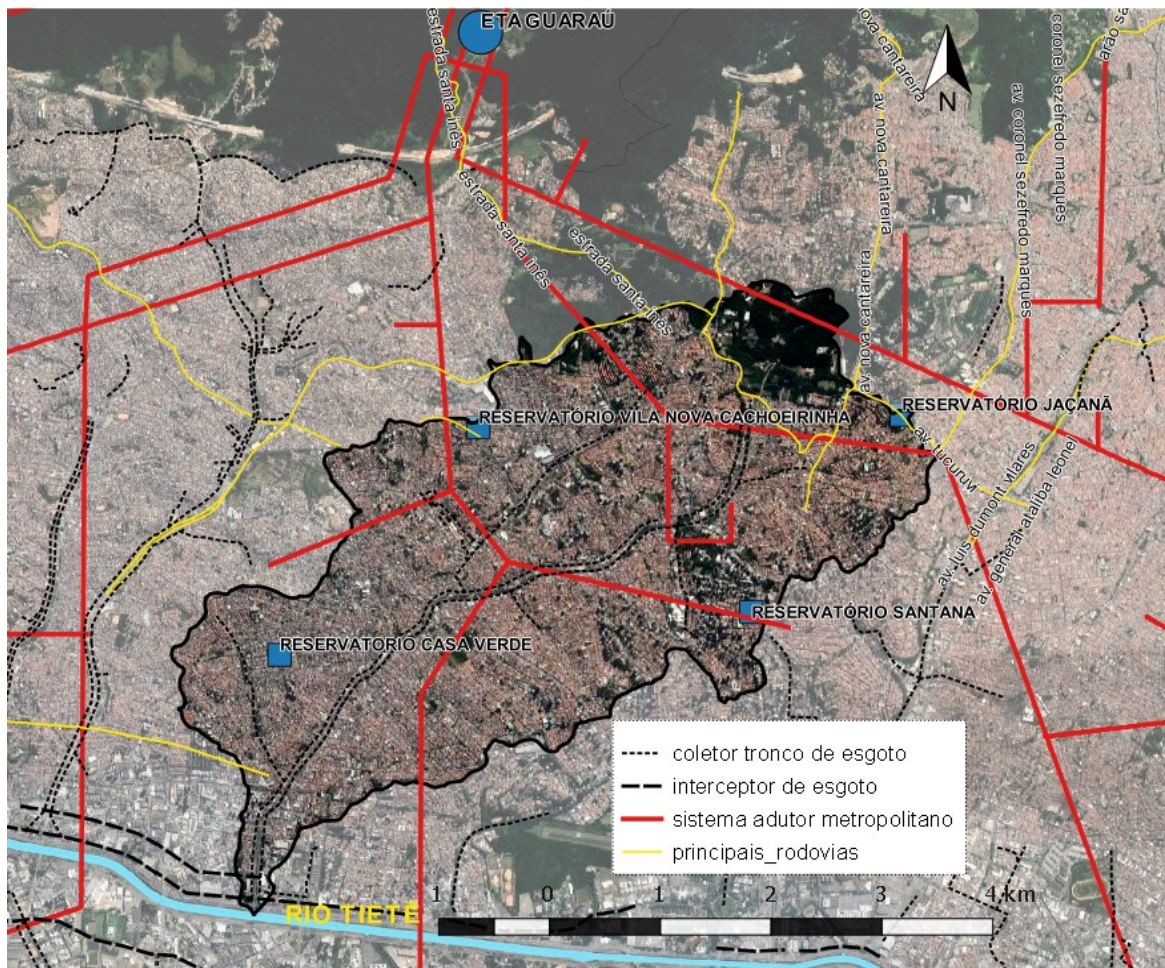


Figura 56 Redes de adução e esgotamento. Elaborado pelo autor a partir de bases de <<https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/plano-diretor/>>. Acesso em 03/05/2019.

O manancial que serve a região é o Cantareira, a partir de tratamento realizado pela ETA Guaraú. As principais infraestruturas de esgotamento, adução e os reservatórios de bairro podem ser vistos na figura anterior.

Dos 63km de sua rede hídrica mapeada oficialmente¹¹¹ apenas 10,7km correm a céu aberto. O talvegue principal coincide com o traçado da avenida Engenheiro Caetano Álvares, com os 3km mais próximos da foz fluindo a céu aberto e o restante sob canteiro viário central ajardinado.

¹¹¹ Em artigo, Bonzi (2016), revela seis córregos não mapeados oficialmente e avanta a existência de outros três.

Os principais afluentes do córrego Mandaqui são os córregos Tabatinguera, Água Fria, Capão das Cobras e Lauzane, conforme pode ser visto na imagem a seguir. As nascentes principais estão localizadas em área verde (Horto Florestal e Academia do Barro Branco, da Polícia Militar). A bacia hidrográfica foi considerada despoluída pelo Programa Córrego Limpo em 2015.

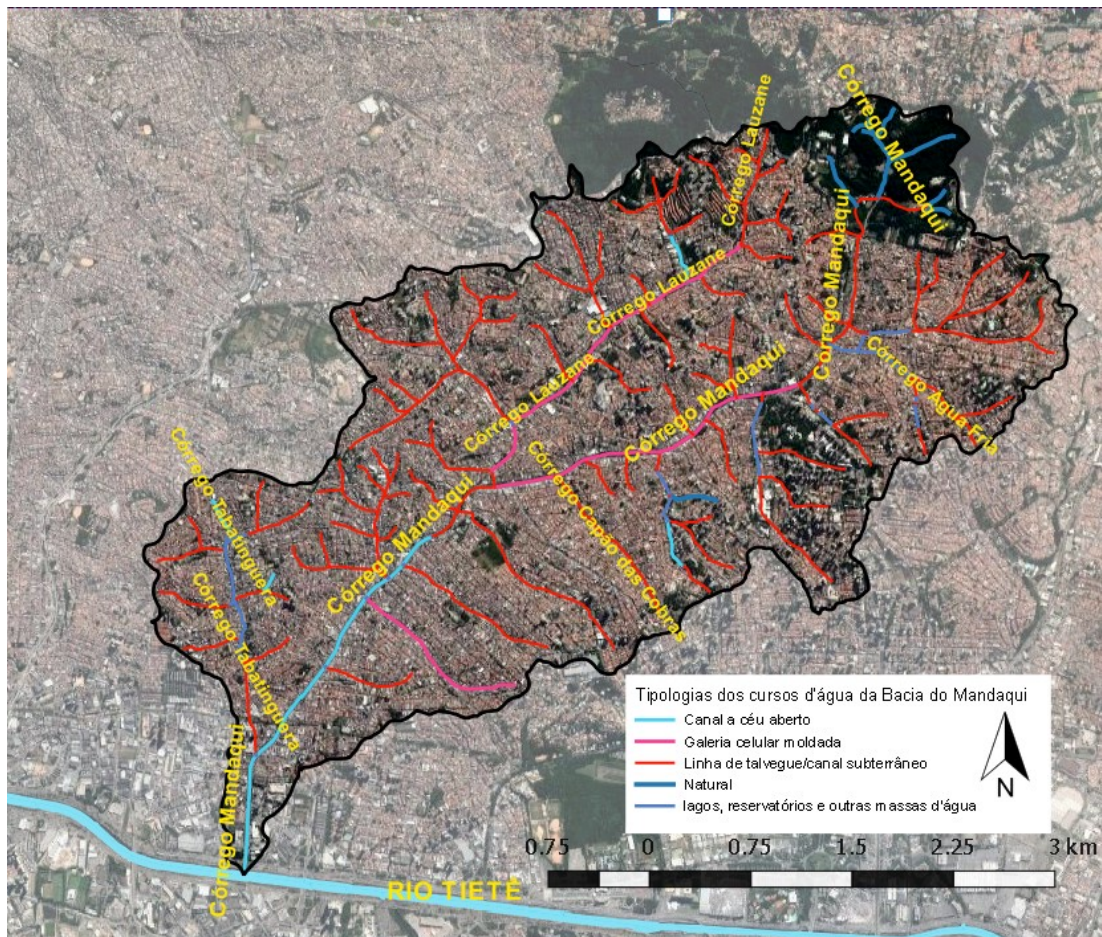


Figura 57 Hidrografia do Mandaqui. Elaborado pelo autor a partir de bases de <<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br>>. Acesso em 03/05/2019.

Ab´Sáber destaca que o relevo não apresenta os amplos terraços escalonados das bacias hidrográfica tributárias da vertente esquerda do rio Tietê (1958, p. 223). Na compartimentação geomorfológica apresentada abaixo podemos perceber que não há transição suave entre os terrenos planos e inundáveis (planícies aluviais) para as colinas que abrigam os anfiteatros de nascentes. As cabeceiras encontram-se em altitude de até 825m.

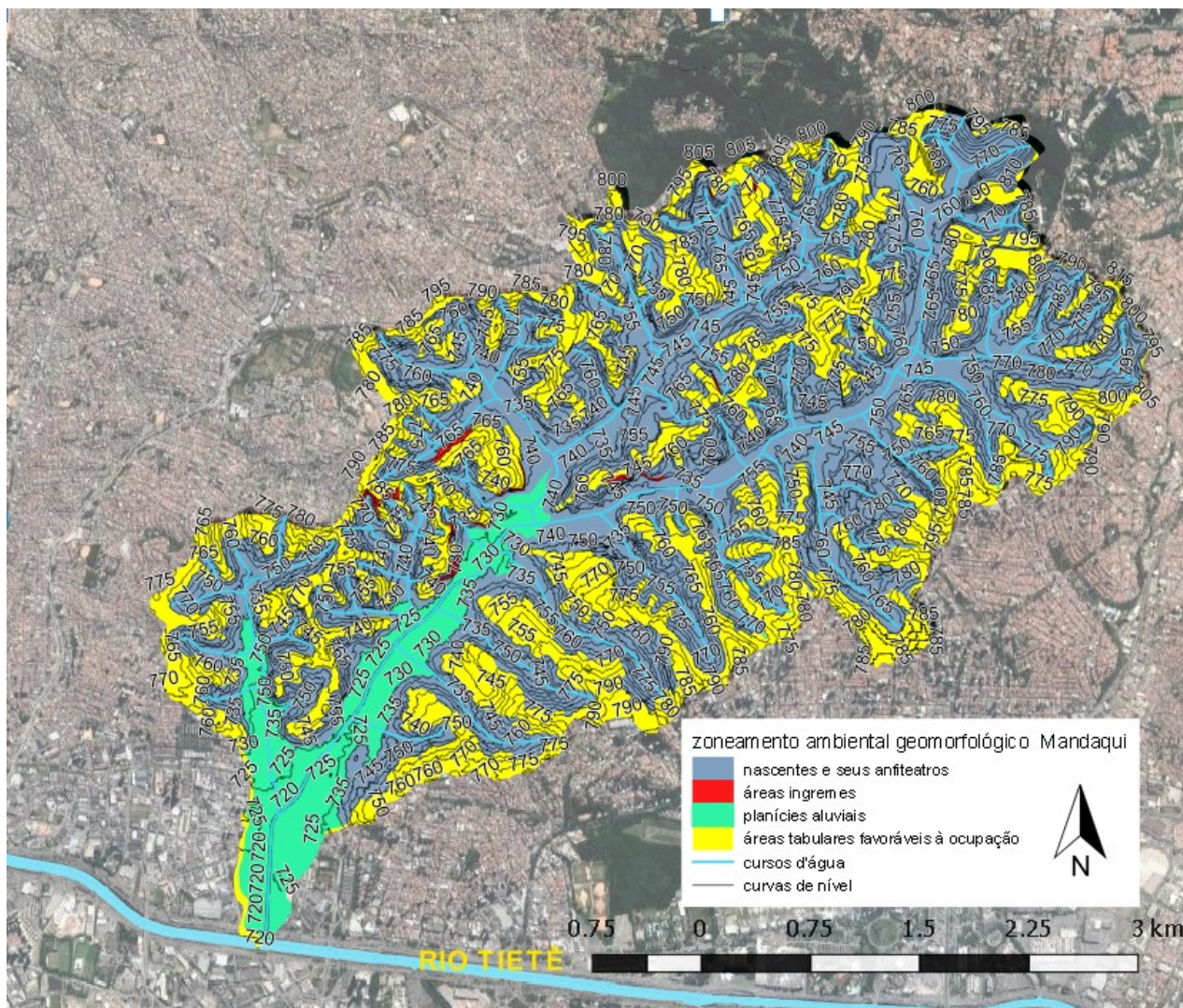


Figura 58 Compartimentação da bacia do córrego Mandaqui. Elaborado pelo autor.

Tendo em vista o elevado valor financeiro do solo urbano, a alta densidade habitacional da área, a baixa disponibilidade hídrica per capita e a inexistência de vastos setores desocupados, não parece minimamente razoável propor um plano de infraestrutura verde que vise captar e potabilizar as águas superficiais para fins de abastecimento público local, mesmo que em caráter complementar ao esquema de abastecimento oficial existente. Por outro lado, a bacia do Mandaqui é abastecida por um sistema que já atingiu a capacidade máxima de exploração e é bastante provável que a região tenha seu contingente populacional e atividades econômicas acrescidas nas próximas décadas.

Por mais que a interligação entre a represa Atibainha, do sistema Cantareira, e a represa Jaguari, na bacia do Paraíba do Sul, possa aportar até 8,5m³/s em caso

de nova “crise hídrica”, a população do Mandaqui seguiria vulnerável se levarmos em conta que a proximidade destas represas (20km) torna plausível que uma seca prolongada atinja ambas simultaneamente já que fenômenos climáticos tipicamente abarcam distâncias maiores do que esta.

Portanto, o que propomos para esta área piloto é o aumento da segurança hídrica por meio do aproveitamento dos aquíferos profundos, e em caráter secundário, pela captação de água da chuva.

Quanto a esta, trata-se simplesmente de fomentar a instalação maciça de cisternas pela bacia do Mandaqui. Esta tecnologia ancestral e tipologicamente associada à infraestrutura verde foi adotada espontaneamente por parte da população durante a última “crise hídrica”. Mesmo que a disponibilidade de água de chuva seja inerentemente sazonal e geralmente não se preste ao consumo humano (mas a atividades como limpeza de pisos, rega de jardins e lavagem de roupas), cisternas bem dimensionadas são capazes de garantir grande economia de água, aliviando assim a pressão sobre o sistema metropolitano de abastecimento e racionalizando o uso da água já que evita gastos com a potabilização de água que será usada para fins que não exigem sua potabilidade.

Embora seu uso seja desejável em toda a bacia do Mandaqui no que diz respeito ao abastecimento, tendo em vista um planejamento que transcenda a tradicional lógica setorial recomenda-se que a sua aplicação seja iniciada pelos compartimentos de nascentes e áreas íngremes (ver figura anterior) já que são áreas em que o escoamento superficial deve ser contido e a capacidade de infiltração é mínima, fazendo assim com que as cisternas nestes compartimentos colaborem com a recuperação do balanço hídrico da bacia e, portanto, ajudem a harmonizar a ocupação humana com os processos naturais da base biofísica.

A área das planícies aluviais seria a prioridade seguinte, mesmo que a aplicação de cisternas neste compartimento teoricamente tenha um desempenho até superior por mimetizar o processo hidrológico predominante no compartimento (armazenamento) e também porque em alguns casos o lençol freático próximo à superfície faz com que as cisternas possam ser abastecidas também pelo

afloramento de água do solo. No entanto, entendemos que áreas íngremes e anfiteatros de nascentes neste contexto talvez mereçam preferência já que devido ao fato de estarem em altitude elevada podem ficar desabastecidas pelo SIM durante mais tempo, já que uma das estratégias acertadas que a SABESP utilizou na última “crise hídrica” foi a redução de pressão na rede.

A implantação de cisternas nas áreas tabulares, mesmo subtraindo parte da água que infiltraria naturalmente neste compartimento do relevo, também é recomendável desde que se evite a impermeabilização do solo nesta zona e sejam implantadas em larga escala tipologias que incentivem a infiltração de água no solo (jardim de chuva, canteiro pluvial e biovaletas).

Para que aconteça a proliferação generalizada de cisternas, sugere-se a capacitação de empreiteiros locais, mas sobretudo a criação de parceria entre as prefeituras regionais, SABESP e o empresas para o desenvolvimento de um kit de fácil instalação, que não dependa de reformas. A instalação poderá adotar diferentes metas temporais como biênios ou triênios dedicados a cada compartimento do relevo, de acordo com a hierarquização de prioridades sugerida. Novos empreendimentos e reformas deverão obrigatoriamente adotar cisternas. As já existentes deverão ser fiscalizadas para evitar a proliferação de mosquitos causadores de doenças como Dengue, Zika e Chikungunya

Adicionalmente, na escala do lote, alagados construídos nas áreas tabulares poderiam filtrar os efluentes gerados pelo uso de água das cisternas. E, na escala do bairro, ao lado de jardins de chuva, reduziriam a carga tóxica do escoamento superficial da água da chuva sobre o sistema viário. O emprego destas tipologias paisagística forçaria a infiltração e a percolação da água no solo, colaborando assim com a recarga dos aquíferos e desta maneira mitigariam o impacto negativo do uso de cisternas sobre a dinâmica natural de infiltração das áreas tabulares.

No que diz respeito à segunda e principal estratégia, a inserção racional de água subterrânea profunda no sistema de abastecimento metropolitano, conforme podemos ver na figura a seguir, a bacia do Mandaqui está inserida em um mosaico

de aquíferos, incluindo aquíferos cristalinos (as áreas em verde no mapa), relativas a rochas granitóides, metassedimentares e metacarbonáticas.

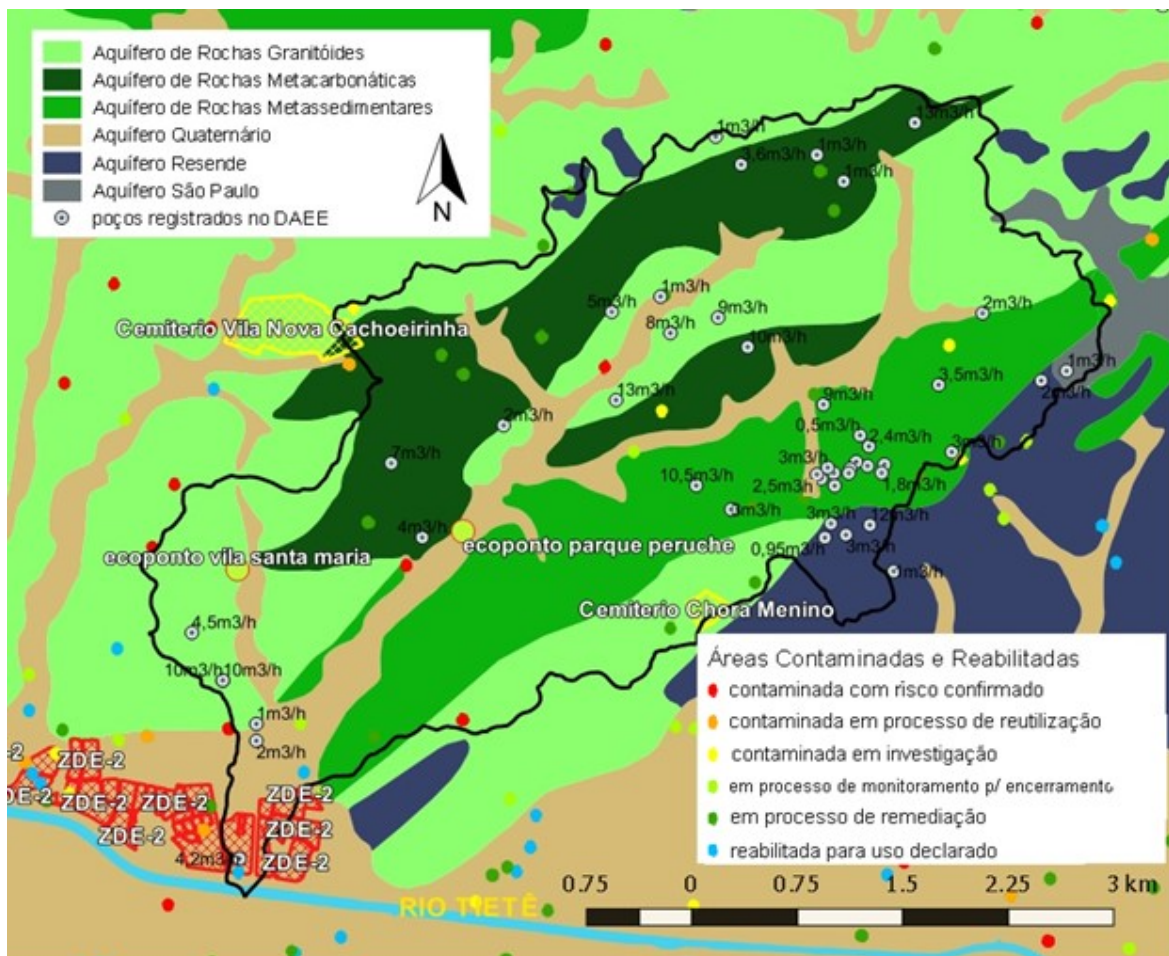


Figura 59 Aquíferos profundos, poços existentes e áreas potencialmente contaminantes na bacia do Mandaqui e entorno. Elaborado pelo autor.

Segundo artigo de Bertolo et al (2015), o aquífero cristalino apresenta as maiores vazões desde que as perfurações dos poços alcancem zonas de fraturas. O mapa anterior mostra também a localização e a vazão de poços existentes, que em conjunto exploram pouco mais de $230\text{m}^3/\text{h}$ ($0,064\text{m}^3/\text{s}$)¹¹², bem como os cemitérios e demais áreas em que perfurações de poços devem ser evitadas dado o potencial de contaminação detectado pela CETESB.

Tendo em vista que é uma área que comporta incremento da exploração dos mananciais profundos sem comprometer a sua reposição natural, a estratégia é

¹¹² Segundo dados disponibilizados no site do DAEE. Disponível em < <http://www.aplicacoes.dae.sp.gov.br/usuarios/DaeewebpocoDpo.html> >. Acesso em 08/05/2019.

perfurar poços profundos nas imediações dos quatro reservatórios de bairro já existentes (Jaçanã, Casa Verde, Santana e Vila Nova Cachoeirinha).

Preferencialmente as perfurações seriam feitas em equipamentos públicos (ou privados com caráter social), como escolas, hospitais, postos de serviço, e nos terrenos dos reservatórios da SABESP, evitando assim os custos econômicos e sociais de desapropriações ao mesmo tempo em que é garantido o fornecimento de água a locais mais sensíveis a interrupções no fornecimento de água. O mapa abaixo mostra os equipamentos existentes na área.

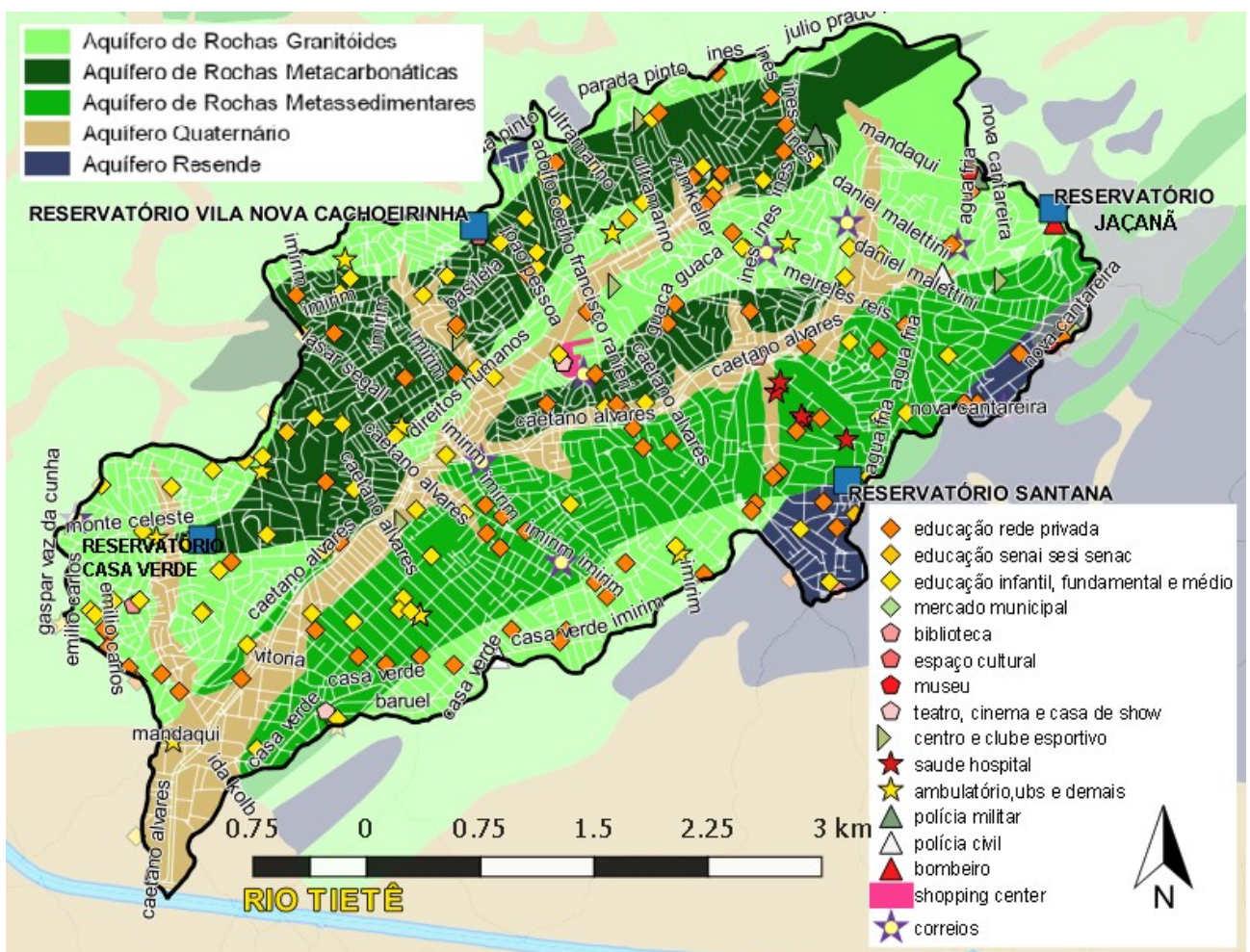


Figura 60 Equipamentos que potencialmente podem abrigar novos poços para reforço do abastecimento. Elaborado pelo autor.

Confirmada a potabilidade, a água subterrânea seria direcionada via tubulação subterrânea para os reservatórios existentes sem necessidade de tratamento químico. Devido à necessidade de grande número de poços para atingir vazão condizente com o abastecimento de áreas densamente povoadas (como

referência, são necessárias 180 unidades para obtenção de $1\text{m}^3/\text{s}$) esses poços seriam automatizados e controlados por sistemas de telemetria, semelhantes aos utilizados em condomínios e indústrias (ver figura a seguir).

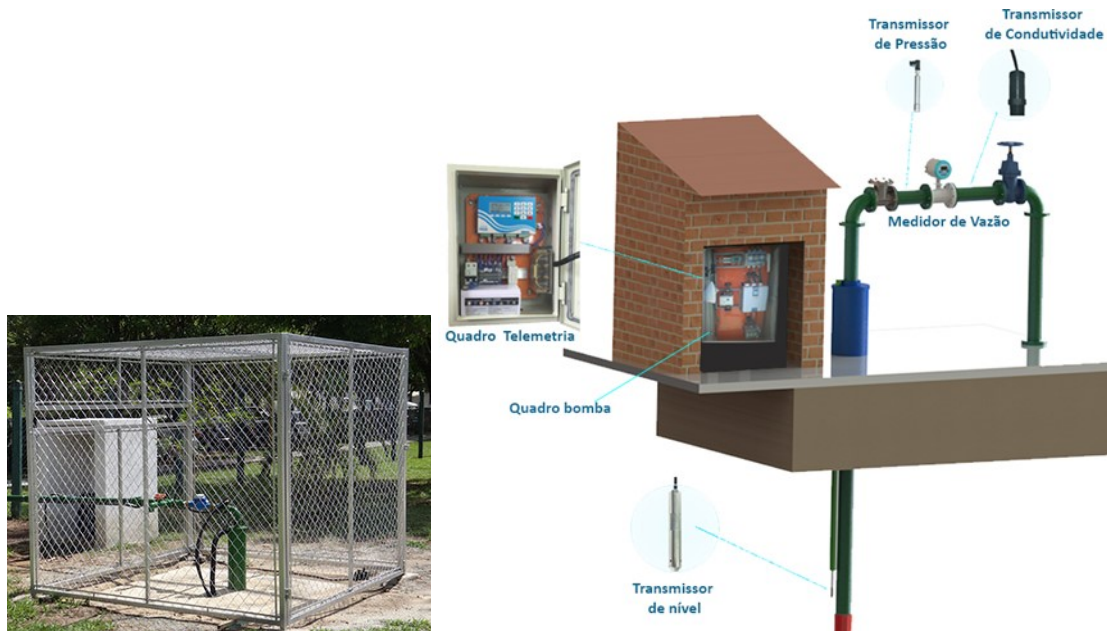


Figura 61 À esquerda, exemplo de poço profundo. Fonte: <www.sanexsolucoes.com.br>. À direita, esquema conceitual de poços automatizados e controlados por telemetria. Fonte: <www.pasehidro.com.br>. Acessos em 03/05/2019.

Tratam-se de sistemas que quando concluídos, ocupam área inferior a 6m^2 , mas sua instalação requer o acesso e espaço suficiente para manobra de um caminhão. É conveniente que sejam protegidos por cercas para evitar roubo e os quadros de controle da bomba e da telemetria devem ser adicionalmente resguardados das intempéries.

Imagina-se que a inserção da água subterrânea profunda nos reservatórios de bairros existentes inicialmente seria feita em regime sazonal, durante as estações secas (outono e inverno) a fim de colaborar com a manutenção dos níveis das represas em patamares adequados.

Novos poços poderão ser acrescentados ao sistema caso se verifique aumento do consumo (devido a crescimento demográfico ou novas atividades econômicas, por exemplo) ou ocorrência de estiagem prolongada sobre os mananciais superficiais que abastecem a região. É importante que este “hack” no sistema de abastecimento seja feito de forma pactuada entre os atores envolvidos já

que há lacunas de conhecimento sobre estes mananciais profundos, localização das zonas de fraturas, distância mínima entre poços e produtividade.

Assumindo o consumo de água per capita em 200 litros diários e a vazão média dos poços sobre o cristalino em 5,56 litros/segundo, estimamos que seriam necessários algo entre 69 e 81 poços¹¹³ para abastecer a atual população do Mandaqui apenas com água proveniente de aquíferos profundos.

A figura a seguir ilustra a estratégia, com a identificação de dez locais nas imediações do reservatório Vila Nova Cachoeirinha que comportariam 11 poços subterrâneos profundos ligados ao reservatório por uma rede de tubulações subterrâneas sob o sistema viário. Desta maneira, pouco mais da metade da água distribuída a partir deste reservatório poderia ter origem subterrânea.



Figura 62 Proposta de rede de novos poços profundos para inserção de água subterrânea em reservatório de bairro. Elaborado pelo autor.

¹¹³ A incerteza é reflexo do fato de que embora a vazão dos poços existentes seja um dado disponível, a quantidade de horas diárias e a quantidade de dias da semana em que os poços foram autorizados a ser explorados por suas outorgas nem sempre estava disponível. Desta maneira, 69 seriam os poços necessários caso os poços existentes fossem explorados 24 horas por dia, todos os dias da semana. E 81, caso os poços fossem explorados zero horas por dia. Além disso é claro, há os poços clandestinos.

CONCLUSÃO

A escassez hídrica que permanentemente ameaça a Grande São Paulo é ao mesmo tempo natural e socialmente construída. Se por um lado, a base natural da mais populosa cidade da América Latina possui severa restrição no que tange os recursos hídricos necessários para abastecer tamanho contingente populacional, por outro lado a maneira como suas paisagens foram transformadas pela urbanização e pela produção de infraestruturas agravaram este quadro. É neste contexto que se insere o objetivo principal desta tese, isto é, verificar se a Infraestrutura Verde é capaz de se colocar com uma alternativa para orientar sistemas de abastecimento de água de grandes cidades.

As operações típicas da urbanização hegemônica - impermeabilização do solo, erradicação da cobertura vegetal e alteração radical das linhas naturais de drenagem – explicam, ao lado de problemas de gestão e de anomalias climáticas, a chamada “crise hídrica” de 2014/2015.

Em 2014, o racionamento de água avançou posições na lista de mazelas urbanas da Grande São Paulo e ganhou um novo nome: “crise hídrica”. Terminologia que discordamos conforme explicitado na hipótese verificada no capítulo anterior de que se trata, na verdade, de colapso hidrológico induzido pela urbanização. Lembremos que durante dois anos a população viveu em estado de alerta, com os olhos fixados nas notícias sobre os níveis dos reservatórios e os ouvidos sendo bombardeados por uma série de rumores, que foram desde a iminência de um racionamento drástico de água até um plano de evacuação da capital conduzida por militares.

Seja como for, a disruptura no balanço hídrico da capital e arredores, isto é, a grande redução nas taxas de evapotranspiração e de infiltração e o aumento vertiginoso do escoamento superficial explicam não somente os cada vez mais frequentes episódios de escassez hídrica, mas outros problemas urbanos como ilha de calor, desertificação, poluição atmosférica, extremos climáticos, erosão da biodiversidade e inundações.

A tomada da paisagem como chave analítica nos permitiu também identificar problemas do atual sistema de abastecimento e compreender como a urbanização paulistana lidou com sua base biogeofísica, dois objetivos específicos da pesquisa. Vimos que inicialmente a produção da infraestrutura paulistana tomou algum partido de sua paisagem, mas a partir de século e meio atrás, a sua intensificação e engenheirização fomentada pela consolidação do modo de produção capitalista levou à progressiva indiferença frente aos atributos paisagísticos da base natural em que se assenta.

A verificação da hipótese de que a chamada “crise hídrica” da Grande São Paulo é, na verdade, um colapso hidrológico induzido por um processo de urbanização alheio a sua base biogeofísica está atrelada a este processo histórico. Ainda que não aponte uma data precisa ou intervenção específica, o capítulo 3 apresentou vários exemplos que comprovam que a hidrologia paulistana como conhecemos está colapsada. A pesquisa de cunho histórico levantou duas dezenas de “crises hídricas” na capital e em cidades vizinhas. Nosso maior manancial urbano, a represa Billings, está tão poluído que seu aproveitamento para abastecimento público é economicamente inviável e foi rejeitado pela população em 2015 mesmo quando o sistema Cantareira estava prestes a secar.

As operações típicas da urbanização hegemônica alteraram sobremaneira o balanço hídrico das bacias hidrológicas urbanas. A diminuição acentuada nas taxas de infiltração e evapotranspiração foram compensadas pelo aumento exponencial do escoamento superficial. Manifestação eloquente da hipótese do colapso hidrológico verifica-se também no fato de que todos os verões, rios e córregos seguem inundando ruas e residências, por mais que memoriais de cálculo dos engenheiros convençam gestores a seguir investindo milhões de reais em projetos de drenagem que são tecnicamente questionáveis, rejeitados pela população do entorno e financeiramente impossíveis de serem replicados em toda a cidade.

O colapso hidrológico observa-se não somente no nível do chão, mas na atmosfera. As ilhas de calor decorrentes do fetiche que a urbanização de São Paulo

e arredores demonstra pelo concreto faz com que as aquecidas nuvens de chuva de origem oceânica muitas vezes passem direto pela capital porque a cidade está tão quente que não acontece o choque térmico necessário para acontecer a precipitação. Chuvas de origem local igualmente têm dificuldade de ocorrer porque a poluição atmosférica gerada sobretudo por automóveis aumentou de tal maneira a quantidade e o tamanho dos núcleos de condensação que o vapor d'água gerado pela cidade (quantitativamente reduzido devido à supressão dos corpos d'água e cobertura vegetal urbana) simplesmente não é suficiente para saturá-los e assim transformar-se em chuva.

No nível subterrâneo, o colapso de nossa hidrologia verifica-se no fato de que cerca de metade da água subterrânea encontrada no centro da cidade tem origem nos vazamentos da rede de distribuição de água.

Em suma, o capítulo 3 evidencia o alto grau de artificialidade da hidrologia atual e sua dependência de aportes maciços de trabalho, energia e recursos naturais. A hidrologia paulistana tal como conhecemos hoje simplesmente não funcionaria sem tais aportes. O colapso decorrente deste cenário seria digno de qualquer película do gênero cinematográfico conhecido como “filme-catástrofe”.

Imaginemos, por exemplo, o que aconteceria se por um motivo qualquer São Paulo tivesse seu suprimento de energia elétrica interrompido por um período prolongado. A ruptura desta infraestrutura urbana rapidamente causaria falhas em cascata em outros sistemas infraestruturais. Em questão de horas, multidões invadiriam supermercados em busca de galões e garrafas de água já que as estações de tratamento de água de nosso sistema de abastecimento não funcionariam. Em quatro ou cinco dias, algumas estações de metrô e boa parte das garagens subterrâneas da cidade estariam inundadas. A drenagem do chamado centro expandido seria interrompida pelo remanso do rio Pinheiros, que subiria de nível sem os bombeamentos das usinas elevatórias Traição e Pedreira, responsáveis pela reversão de seu fluxo.

Na semana seguinte, epidemias de doenças infectocontagiosas se instalariam já que sem os serviços de tratamento de esgoto, este chegaria in natura às ruas e

daí aos corpos d'água mais próximos, que por não terem mais matas ciliares seriam incapazes de depurar parte da sujeira. Mosquitos transmissores da dengue e chikungunya e ratos estariam se reproduzindo rapidamente nos locais inundados. Hospitais estariam lotados. Em algum momento, ativistas ambientais que nos últimos anos recuperaram nascentes e cavaram lagos em áreas públicas veriam seus singelos oásis urbanos serem apropriados por milícias, que passariam a cobrar pedágio para acesso a essas águas, mesmo que estas não sejam potáveis e tenham vazão baixíssima para sequer atender ao bairro em que estão inseridas. Indústrias e comércio parariam sem o recurso natural tão fundamental para suas operações. Desemprego e queda na arrecadação de impostos desencadeariam uma crise social e econômica.

Em um mês, fluxos migratórios esvaziariam a cidade. Os remanescentes quebrariam o asfalto para ter acesso às águas dos córregos ocultos confinados em galerias pluviais subterrâneas. As margens dos reservatórios, principalmente aqueles próximos do centro como o Guarapiranga, e parques dotados de lagos, como o Ibirapuera, tornar-se-iam campos de refugiados já que é altamente improvável que uma população de mais de 20 milhões de pessoas possa ser abastecida por caminhão-pipa.

A vegetação urbana definharia pois os sistemas de irrigação não estariam mais funcionando e o nível do lençol freático estaria alterado, com aumento de nível em áreas em que hoje ocorre o bombeamento das garagens subterrâneas, e rebaixados em praças, parques e áreas verdes que hoje possuem vegetação adaptada a um lençol freático inflado pelos vazamentos invisíveis das redes de distribuição de água. No horizonte de anos, edificações ruiriam devido ao recalque de solo decorrente do novo nível freático. Amplos setores da cidade tornar-se-iam inabitáveis com o estabelecimento de novos níveis altimétricos de rios e córregos. Uma nova vegetação surgiria na cidade, provavelmente predominando plantas ruderais e espécies exóticas invasoras de baixa estatura. Décadas seriam necessárias para que essa nova vegetação atingisse o porte arbóreo. A distopia caracterizaria o que hoje conhecemos como a cidade que não pode parar.

No que diz respeito à hipótese segundo a qual o projeto do sistema de abastecimento também contribui para a vulnerabilidade hídrica da RMSP, a tomada da paisagem da grande São Paulo como chave analítica revelou que a inadequação dos modelos infraestrutural e urbanístico que lhe constituíram sobrepõem-se uma escassez hídrica natural, relativa à sua localização geográfica, conforme explicado no capítulo 4. Em outros termos, a base natural de São Paulo é simplesmente incapaz de produzir os serviços ambientais necessários na quantidade necessária para suportar tamanho contingente populacional, sobretudo no que diz respeito aos processos naturais úteis para o saneamento básico.

A exemplo do que aconteceu com a urbanização, vimos no capítulo 3 que inicialmente as infraestruturas de abastecimento de água tomavam partido de sua base natural, sobretudo o relevo, com a adução funcionando por gravidade, por exemplo. No entanto, o aumento da população, a lógica da engenharia militar e a consolidação do sistema de produção capitalista fizeram com que o sistema se tornasse cada vez mais artificial, complexo e apartado da população. Progressivamente, seu objetivo principal passou a ser a geração de lucro, ficando em segundo plano e condicionado ao primeiro a missão original de garantir o acesso da população a um recurso absolutamente fundamental para a sua sobrevivência. Desta maneira, o projeto do sistema de abastecimento passou a contribuir cada vez mais para a vulnerabilidade hídrica da RMSP.

Durante esta tese muitas críticas foram feitas à SABESP. No entanto é preciso reconhecer a excelência de seu corpo técnico. Este soube dar uma série de respostas rápidas, engenhosas e criativas, como a diminuição de pressão na rede de distribuição, a utilização da água situada abaixo do nível normal de captação dos reservatórios (o chamado volume morto) e a recompensa financeira para aqueles que reduzissem seu consumo de água. Ressalte-se que tudo isto sendo feito sob enorme pressão da sociedade e da grande imprensa, sob o ruído de soluções mágicas alardeadas por ativistas das mídias sociais e, principalmente, pelas constrições da “orientação superior”, conforme termo utilizado pela então presidente da empresa, Dilma Pena, para explicar a pouca presença da empresa nos veículos de informação durante o período.

Embora seja razoável afirmar que poucas outras firmas de engenharia no mundo teriam sido capazes de dar resposta à altura da que deu a companhia paulista, parte substancial das críticas aqui feitas não se referem às escolhas infraestruturais feitas pela empresa, mas sim às cada vez mais evidentes limitações de projeto, planejamento e gestão das infraestruturas convencionais. Não só as de São Paulo e da SABESP, mas as de Brasil afora e de boa parte do mundo. Sejam as companhias de abastecimento estatais ou privadas

Conforme colocado parágrafos atrás, à época da “crise hídrica” de 2014-2015, a companhia de abastecimento conseguiu equacionar a situação. No entanto, em maio de 2018, apenas dois anos após o governador reeleito declarar que “a questão da água está resolvida”, o nível dos reservatórios estava mais baixo do que no ano anterior ao início da “crise”. Mais um fato que corrobora a hipótese de que o próprio projeto do sistema de abastecimento de água colabora para a ocorrência de “crises hídricas” já que neste ano sequer estávamos diante de uma estiagem atípica.

A abordagem metodológica que articulou pesquisa bibliográfica, consulta a planos de bacias e produção de material cartográfico original esclareceu o funcionamento do sistema de abastecimento metropolitano da RMSP. Mapeamentos geomorfológicos, hidrográficos e de uso e ocupação do solo deram suporte à análise das bacias hidrográficas formadoras dos mananciais utilizados pelo sistema de abastecimento metropolitano.

A hipótese de que o projeto do sistema de abastecimento também contribui para a vulnerabilidade hídrica da RMSP foi validada nos capítulos 4 e 5, na medida em que identificamos uma série de fragilidades do SIM, a começar pela lógica setorial em que foi concebido, que desconsiderou os outros usos da água, notabilizando-se o caso da represa Billings, em que há conflitos entre a geração de energia, abastecimento público e macrodrenagem. Outra grande fragilidade é a aposta na mesma solução técnica (captação de águas superficiais via grandes reservatórios) para todo o território. Opção que deixa o sistema vulnerável às mudanças climáticas já que estamos diante de um fenômeno de grande escala que

pode atingir simultaneamente todos ou grande parte dos mananciais que alimentam o SIM. Além disso, os gestores do sistema seguem apostando em idealizações que não se consubstanciam na realidade, como a fiscalização das áreas de manancial para evitar novas ocupações e o rígido planejamento tecnocrático baseado em modelagens computacionais de tendências relativas à demografia, crescimento econômico e, mais recentemente, cenários climáticos.

No capítulo 5 verificou-se também que o sistema de abastecimento da Grande São Paulo replica as problemáticas concepções infraestruturais apontadas por autores como Graham, Ilich, Pellegrino, Reed, Lister, Ahern, Hung, Bélanger, O'Connor e Bonzi, compiladas no capítulo 1, tais como centralização, monopólio, grande escala, monofuncionalidade, resistência às forças da natureza e o fetiche pela eficiência, estabilidade, previsibilidade e o concreto. O levantamento histórico e iconográfico apresentado no capítulo 3 mostrou que tal concepção infraestrutural do abastecimento de água, ao lado de demais infraestruturas urbanas igualmente operando sob mesmas diretrizes, notadamente o sistema viário e a drenagem, induziu a uma progressiva perda da estabilidade entre a ocupação humana e os processos naturais. Relativa harmonia que chegou a ser vivenciada pelas primeiras gerações de habitantes. Desde então os moradores da capital e entorno passaram a observar inundações cada vez mais frequentes e intensas; chuvas imprevisíveis, desaparecimento da garoa matinal, piora da qualidade do ar e aumento de temperatura.

Por fim, neste trabalho se confirmou a hipótese principal da tese de que soluções que tomam partido da dimensão infraestrutural da paisagem, como a Infraestrutura Verde, têm potencial para dar soluções robustas no campo do abastecimento de água. Vejamos.

Partindo da leitura estratégica da base geofísica local conforme metodologia de Schutzer (2004, 2012) e adaptada por Bonzi para o contexto da Infraestrutura Verde (2015a, 2015b), a aplicação conceitual desenvolvida para a região da represa Billings, se replicada em toda área ocupada, habilitaria o manancial para o

abastecimento de até 4,5 milhões de pessoas, 3 milhões a mais do que a atual exploração que o sistema Rio Grande faz do braço não poluído da Billings. Isto significa um aumento de vazão disponível para o sistema de abastecimento metropolitano na faixa de 9 a 10m³/s.

Ademais, a utilização de água subterrânea via sistemas descentralizados de poços profundos operados de maneira automatizada por telemetria, conforme ensaio feito para a bacia hidrográfica do córrego Mandaqui, tem potencial para acrescentar 20m³/s ao abastecimento da RMSP, com um custo de apenas 5 centavos extras por m³ num horizonte de amortização de 30 anos.

Além do aporte considerável em termos de vazão, a estratégia torna o abastecimento metropolitano de fato redundante e preparado para enfrentar as mudanças climáticas porque, ao contrário do que acontece com os mananciais superficiais que sentem os efeitos da estiagem em questão de dias e podem ser todos afetados simultaneamente por um mesmo evento climático, o processo de infiltração e percolação da água da chuva por até 200 metros rumo aos aquíferos confinados pode demorar anos. Operado em conjunto com fontes superficiais de água, o regime de exploração dos sistemas descentralizados de poços profundos pode ser sazonal, com maior utilização durante outono e inverno e, evidentemente, durante estiagens atípicas, o que contribuiria com a recarga dos aquíferos e sua exploração segura, respeitando a capacidade de suporte da base biofísica.

Os parques multifuncionais de reúso propostos para aproveitamento dos efluentes das ETES Barueri e Suzano, por sua vez, têm potencial para acrescentar até 11m³/s ao sistema de abastecimento metropolitano sem que sejam feitas desapropriações em áreas com contingente populacional relevante.

O aporte de 40m³/s ofertados por essas três soluções baseadas na dimensão infraestrutural da paisagem ultrapassam com grande folga as projeções de consumo para a RMSP. Além disso, no contexto rural, a recomposição da vegetação nativa aliada a outras boas práticas como terraceamento e construção de bacias de infiltração, como as conduzidas pelo premiado Projeto Conservador das Águas de Extrema (MG) apresentado no capítulo 5, reduziriam significativamente o custo de

tratamento. Ao analisar o Sistema Cantareira, o relatório “Água: biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano no Brasil” (BPBES, 2019, p.16) estimou que o custo de tratamento de água poderia cair para um terço do valor atual. Desta maneira, confirma-se assim que a hipótese de que a Infraestrutura Verde é capaz de propor melhoramentos significativos para o sistema de abastecimento, o que era um dos objetivos específicos da tese. Os números que ela é capaz de ofertar estão sintetizados no quadro a seguir.

| Solução baseada na paisagem | Números ofertados pela Infraestrutura Verde |
|---|---|
| Boas práticas rurais | Custo de tratamento do Cantareira cairá para 1/3 |
| Infraestrutura paisagística na Billings | Represa fornecerá mais 9-10m ³ /s para abastecimento |
| Parque multifuncional de reúso | Aporte de até 11m ³ /s para o SIM |
| Captção de aquíferos urbanos profundos | Acréscimo de 20m ³ /s para o abastecimento urbano |

Quadro 9 – Síntese dos números ofertados pela Infraestrutura Verde proposta.

Ademais, as três propostas são estratégicas já que aproveitam as águas internas da Grande São Paulo e fazem com que o sistema de abastecimento opere em um metabolismo circular, evitando assim novas captações em mananciais distantes e os conflitos com a população que já faz uso dessas águas, como vimos na disputa com o governo do Rio de Janeiro quando o governo de São Paulo decidiu captar águas do rio Paraíba do Sul para reforçar o sistema Cantareira e também com o município paulista de Bertioga, acerca da transposição do rio Itapanhaú para o sistema Alto Tietê. As propostas sinalizam assim para novas posturas frente ao quadro de escassez hídrica da Grande São Paulo, um dos objetivos da tese.

As propostas apresentadas nesta tese são um tanto pragmáticas pois independem de mudanças de comportamento profundas, ao contrário das frequentes propostas acadêmicas que por se embasarem conceitualmente em utopias arquitetônicas, ecológicas e urbanísticas, muitas vezes só parecem viáveis se a civilização superar o antropocentrismo, o consumismo ou o sistema capitalista, por exemplo.

As quatro aplicações das diretrizes elencadas para melhorar o sistema de abastecimento metropolitano apresentadas nesta tese não esgotam as possibilidades de intervenção e de “hackeamento” do sistema. Elas ilustram como o foco no fornecimento de serviços ambientais associados às paisagens naturais ou naturalizadas fortalecem a Arquitetura da Paisagem ao propor usos e funções para além das tradicionais (embelezamento, lazer e amenidades) fazendo com que esse campo de conhecimento possa assumir algum protagonismo nos projetos de infraestrutura, atualmente sob domínio exclusivo da engenharia civil.

Além disso, evidenciou que soluções baseadas no entendimento de que a paisagem possui uma dimensão infraestrutural, como preconiza a Infraestrutura Verde (que alguns pesquisadores preferem chamar de Estrutura Ecológica ou Infraestrutura Verde-Azul) são capazes de promover maior harmonização entre a ocupação humana e os processos naturais da base natural em que São Paulo se assenta.

Neste sentido, entre as soluções baseadas na paisagem destaca-se a espacialização das tipologias paisagísticas da Infraestrutura Verde de acordo com as potencialidades e as restrições inerentes a cada compartimento do relevo. Quando aplicadas de modo a incentivar ou mimetizar processos naturais benéficos para a ocupação humana, as tipologias associadas à Infraestrutura Verde se mostram capazes de prover melhoramentos significativos para o sistema de abastecimento de água metropolitano ao mesmo tempo em que ameniza o colapso hidrológico da Grande São Paulo.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. O sítio urbano de São Paulo. In: Azevedo, Aroldo de. **A cidade de São Paulo: estudos de geografia urbana**. Vol I. São Paulo: Nacional, 1958.

_____. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1969.

ABERS R, Jorge KD. Descentralização da gestão da água: por que os comitês de bacia estão sendo criados. **Ambiente e sociedade**. 2005 Jul;8(2):99-124.

AHERN, Jack. Green infrastructure for cities: The spatial dimension. In: NOVOTNY, V.; BROWN, P. (orgs.). **Cities of the future: Towards integrated sustainable water landscape management**. London: IWA Publishing, 2007.

_____. Planning and design for sustainable and resilient cities: theories, strategies and best practices for green infrastructure. In: NOVOTNY, V.; AHERN, J.; Brown, P. (Eds.). **Water-centric Sustainable Communities**. John Wiley and Sons: Hoboken, 2010.

_____. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 4, p. 341-343, 2011.

AZEVEDO, A. E. **A cidade de São Paulo. Os subúrbios paulistanos. Estudo de Geografia Urbana**. Volume IV. São Paulo, 1958.

BARRETT, Gary W.; PELES, John D.; ODUM, Eugene P. Transcending processes and the levels-of-organization concept. In: **BioScience**, v. 47, n. 8, p. 531-535, 1997.

BARTALINI, Vladimir. A trama capilar das águas na visão cotidiana da paisagem. **Revista USP** n. 70. São Paulo: USP, 2006.

BÉLANGER, Pierre. Landscape as infrastructure. **Landscape Journal**, v. 28, n. 1, p. 79-95, 2009.

_____ **Landscape as infrastructure**: a base primer. New York: Routledge, 2017.

BENEDICT, M.A.; MCMAHON, E.T. **Green infrastructure**: Linking landscapes and communities. Washington: Island Press, 2006.

BENEVOLO, Leonardo. **A história da cidade**. São Paulo: Perspectiva, 2011.

BERTOLO R. et al. **Água subterrânea para abastecimento público na Região Metropolitana de São Paulo**: é possível utilizá-la em larga escala? Revista DAE, v. 63, maio-agosto, 2015, p. 6-18.

BONZI, R. Paisagem como infraestrutura de tratamento das águas urbanas. **Revista LABVERDE**, n. 6, p. 15-38, 2013.

_____ **Andar sobre Água Preta**: a aplicação da Infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo: FAUUSP, 2015a.

_____ O Zoneamento Ambiental Geomorfológico como método para planejar a Infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas. **Revista LABVERDE**, v. 1, n. 10, p. 104-132, 2015b.

_____ Ocultos e não Mapeados: Uma investigação sobre os córregos do Mandaqui. **Revista LABVERDE**, n. 12, p. 13-40, 2016.

_____ Paisagem como Infraestrutura. In: PELLEGRINO, P.; BECKER, N. **Estratégias para uma Infraestrutura verde**. São Paulo: Editora Manole, 2017.

_____ DE LUCCIA, Oliver; ALMODOVA, Mayra Menossi. Infraestrutura Verde em área de manancial: um estudo para a represa Billings. **Revista LABVERDE**, v. 8, n. 1, p. 37-63, 2017.

_____ Os impactos do Plano Diretor Estratégico sobre a resiliência climática de São Paulo. In: FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **São Paulo nas mudanças climáticas**: cenários ambientais para a resiliência urbana. São Paulo, FAPESP, 2019.

BORELLI, Elizabeth. A Bacia do Guarapiranga: ocupação em áreas de mananciais e a legislação ambiental. **Revista de ciências sociais-política & trabalho**, v. 25, 2006.

BORGES, Viviana Marli Nogueira de Aquino et al. Modelagem hidráulica na crise hídrica da Região Metropolitana de São Paulo. In: **Revista Saneas**, Ano X, Edição 60, fevereiro de 2017, p. 29-33.

BPBES (Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos). **Relatório temático água: biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano no Brasil**. São Carlos: Editora Cubo, 2019.

CALTHORPE, Peter. **Urbanism in the age of climate change**. Island Press, 2010.

CARSE, Ashley. Keyword: infrastructure: How a humble French engineering term shaped the modern world. In: HARVEY, Penny; JENSEN, Casper B.; MORITA, Atsuro. **Infrastructures and Social Complexity**. New York: Routledge, 2016.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo Parte 1 – Água Doces 2015**. São Paulo, 2016.

CITY OF NEW ORLEANS. **Plan for the 21st century: New Orleans 2030**. New Orleans, 2010.

_____. **Resilient New Orleans: Strategic actions to shape our future city**. New Orleans, 2015a.

_____. **National Disaster Resilience Competition**. New Orleans, 2015b.

_____. **NDRC Phase 2 - Submitted Application**. New Orleans, 2015c.

CITY OF NEW YORK. **A greener, greater New York**. New York, 2007.

_____. **A greener, greater New York: update april 2011**. New York, 2011.

_____. **A stronger, more resilient New York**. New York, 2013.

_____. **One New York: The Plan for a Strong and Just City**. New York, 2015.

COBRAPE (Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos). **Elaboração do Plano Diretor de Aproveitamento de recursos hídricos para a macrometrópole paulista**. RA-3 Relatório de Andamento. Volume 3 – Notas técnicas. Versão Preliminar. 2009.

_____. **Plano das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010-2020**: com propostas de atualização dos corpos d'água e programa para efetivação do enquadramento dos corpos d'água até o ano de 2035: Relatório Final. 2010.

COMFORT, Louise K. Cities at risk: Hurricane Katrina and the drowning of New Orleans. **Urban Affairs Review**, v. 41, n. 4, p. 501-516, 2006.

CONSELHO DE AVALIAÇÃO ECOSSISTÊMICA DO MILÊNIO. **Ecosistemas e bem-estar humano** – Estrutura para uma avaliação. São Paulo: Editora Senac, 2005.

CORMIER, N; PELLEGRINO, P. Infra-estrutura verde: Uma estratégia paisagística para a água urbana. In: **Paisagem e Ambiente** n. 25. São Paulo: FAU-USP, 2008.

CUSTÓDIO, Vanderli. **Escassez de água e inundações na Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: Humanitas, 2012.

_____. **A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo (2014-2015)**. GEOUSP: Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 445-463, 2015.

DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica); COBRAPE (Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos). **Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, no Estado de São Paulo. Relatório Final – Volumes I, II, III**. São Paulo: 2013a.

_____. **Elaboração do Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista**: Sumário Executivo. São Paulo: 2013b.

DALMAS, Fabrício Bau et al. **Reflexos do uso e ocupação do solo na qualidade da água do rio Embu-Guaçu, região metropolitana de São Paulo**. Geociências (São Paulo), v. 34, n. 1, p. 130-144, 2016.

DIAMOND, Jared M. **Colapso**: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso. Rio de Janeiro: Editora Record, 2014.

ENCIBRA S.A; PRIME ENGENHARIA. **Estudo de concepção e projeto básico do sistema São Lourenço**: Relatório de Impacto ao meio ambiente – RIMA. 2011.

ENVIRONMENT AGENCY **Thames Estuary 2100**: Managing flood risks through London and the Thames Estuary. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/322061/LIT7540_43858f.pdf>. Acesso em 02/05/2017.

FABHAT (Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê). **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos**: Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – UGRHI 06. Ano Base 2014. São Paulo: 2015.

FABHAT (Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê). **Relatório I- Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**. São Paulo: 2016.

FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente). **Minas Trata Esgoto**. Belo Horizonte: 2015.

FERRARA, Luciana Nicolau. **Urbanização da natureza**: da autoprovisão de infraestruturas aos projetos de recuperação ambiental nos mananciais do sul da metrópole paulistana. 2013. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura). São Paulo: FAUUSP, 2013.

FIREHOCK, Karen. **Short history of the term Green Infrastructure and selected literature**. Disponível em: <http://www.gicinc.org/PDFs/GI_History.pdf>. Acesso em: 27/08/2018.

_____. **Strategic green infrastructure planning**: a multi-scale approach. Washington, DC: Island Press, 2015.

FLORIDA GREENWAYS COMMISSION et al. **Creating a statewide Greenways system, for people... for wildlife... for Florida**. Report to the Governor, Tallahassee, 1994.

FORMAN, R. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Desenho ambiental**: uma introdução à arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico. São Paulo: Annablume, 1997.

GAVIOLLI, Juliane. **Abastecimento público de água na Região Metropolitana de São Paulo**: escassez, demanda e aspectos de saúde pública. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2013.

GORZ, André. **Ecológica**. São Paulo: Annablume, 2010.

GRAHAM, Stephen. When Infrastructures Fail. In: GRAHAM, Stephen (Ed.). **Disrupted cities: When infrastructure fails**. Routledge, 2010.

HALLEGATTE, Stéphane. Strategies to adapt to an uncertain climate change. **Global environmental change**, v. 19, n. 2, p. 240-247, 2009.

HARVEY, David. **O Trabalho, o capital e o conflito de classes em torno do ambiente construído nas sociedades capitalistas avançadas**. In :Espaço & Debates n.6, 1982.

HUNG, Ying-Yu. Landscape Infrastructure: Systems of Contingency, flexibility, and adaptability. In: HUNG, Y; AQUINO, G. **Landscape Infrastructure: Case Studie by SWA**. Basel: Birkhauser, 2011.

IAMAMURA, R. B. R. **Higiene pessoal fora da residência: os sanitários públicos na área central da cidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Urbanismo). Campinas: PUC, 2006.

IKEDA, Rosélia Mikie. **Parques Lineares na Cidade de São Paulo**. Revista LABVERDE, n. 4, p. 256-262, 2012.

ILLICH, Ivan. La convivialité (1973). In: **Euvres complètes, v. 1**. Paris: Fayard, 2004.

IPCC. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2007.

ISA (Instituto Socioambiental). **Billings 2000**: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo: relatório do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período 1989-99. Instituto Socioambiental, 2002.

_____ **Cantareira 2006**: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo. 2007

JELLICOE, Geoffrey; JELLICOE, Susan. **The landscape of man**: shaping the environment from prehistory to the present day. New York: Thames and Hudson, 1998.

JORGE, Janes. **Tietê: o rio que a cidade perdeu – São Paulo 1890-1940**. São Paulo: Alameda, 2006.

_____ **A pesca na cidade de São Paulo, 1890-1940**. Revista Histórica, n. 14, 2006.

JUNQUEIRA, Luciano A. Prates. Descentralização, intersectorialidade e rede na gestão da cidade. **Organizações & sociedade**, v. 11, 2004.

KRAVČÍK, Michal; POKORNY, Jan; KOHUTIAR, Juraj. **Water for the recovery of the climate**: The New Water Paradigm. Eslováquia, 2007. Disponível em: <http://www.waterparadigm.org/download/Water_for_the_Recovery_of_the_Climate_A_New_Water_Paradigm.pdf>. Acesso em 06 /05/2019.

LANGENBUCH, Juergen Richard. **A estruturação da Grande São Paulo**: estudo de geografia urbana. Rio de Janeiro: IBG, 1971.

LEACH, Anna. Soak it up: China's ambitious plan to solve urban flooding with 'sponge cities'. In: **The Guardian**, Grã-Bretanha, 03 de outubro de 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/public-leaders-network/2016/oct/03/china-government-solve-urban-planning-flooding-sponge-cities>>. Acesso em 25 /04 /2017.

LI, Xiaoning et al. Case Studies of the Sponge City Program in China. In: **World Environmental and Water Resources Congress 2016**. p. 295-308, 2016.

LOFTUS, Anne-Claire et al. Planning for adaptation in a megacity with ageing infrastructure. In: **Adapting urban water systems to climate change: a handbook for decision makers at the local level.**, 2011. Disponível em: <<http://aim.prepared-fp7.eu/viewer/doc.aspx?id=45>>. Acesso em 28 /04 /2017.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. **O reuso da água e sua possibilidade na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Universidade de São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, 1992.

MASSAFUMI, Newton; PARMA, Tânia Regina; SCHUTZER, José. Projeto Núcleo Ecológico-Arqueológico Urbano. In: **A Celebration of Cities, 2005**. Paris, UIA – International Union of Architects, projeto I14GB0450, 2005, p.43.

MASSARA, Vanessa Meloni. **O perfil da infra-estrutura no Município de São Paulo e sua relação com as transformações de uso do solo: o centro expandido e a região de São Miguel Paulista**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2002.

MASCARÓ, Juan Luis; YOSHINAGA, Mário. **Infra-estrutura urbana**. Porto Alegre: Masquatro, 2005.

MAYS, L. W.; SKLIVANIOTIS, M.; ANGELAKIS, A. N. Water for human consumption through history. In: **Evolution of water supply through the millennia**. London: IWA Publishing, 2012.

MESQUITA, René Novaes. **Conflitos decorrentes do uso da terra nas margens da Represa Atibainha (SP), em consonância com a legislação ambiental vigente**. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade de Guarulhos, 2013.

MEYER, Regina Maria Prosperi; GROSTEIN, Marta Dora; BIDERMAN, Ciro. **São Paulo MetrÓpole**. São Paulo: Edusp, 2004.

MOREIRA, Renata Maria Pinto. **Distribuição de água na região metropolitana de São Paulo**: tecnologias da universalização e produção do espaço. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: FAUUSP, 2008.

MOSS, T. Battle of the systems? Changing styles of water recycling in Berlin. In: GUY, S.; MARVIN, S.; MOSS, T. **Infrastructure in transition – networks, buildings, plans**. London: Earthscan, 2001.

MUMFORD, Lewis. **A cidade na história**: suas origens, transformações e perspectivas. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

MURPHY, Jarret. 3 Years After Hurricane Sandy, Is New York Prepared for the Next Great Storm? The Nation, Estados Unidos, 14 de outubro de 2013. Disponível em: <https://www.thenation.com/article/3-years-after-hurricane-sandy-is-new-york-prepared-for-the-next-great-storm/>>. Acesso em 29 /04 /2017.

NEWMAN, Peter; BEATLEY, Timothy; BOYER, Heather. **Resilient cities**: responding to peak oil and climate change. Island Press, 2009.

NOBRE, C. A. et al. **Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. Sumário Executivo**. Embaixada Reino Unido, Rede Clima e Programa FAPESP em Mudanças Climáticas, 2010.

_____. **Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. Relatório Final**. Embaixada Reino Unido, Rede Clima e Programa FAPESP em Mudanças Climáticas, 2011.

OLIVEIRA, MC de; FIGUEIRÔA, SFM. **Enchentes em São Paulo, um problema do Século Passado**. Rev. IG, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 55-58, 1984.

PADOVEZI, Aurélio et al. **O Projeto Produtor de Água na bacia hidrográfica PCJ em São Paulo, Brasil**. PES Learning Paper, 2012.

PANZINI, Franco. **Projetar a natureza**: arquitetura da paisagem e dos jardins desde as origens até a época contemporânea. São Paulo: Senac, 2013.

PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas). **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas**: Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

PELLEGRINO, P. Introdução. In: PELLEGRINO; BECKER, N. **Estratégias para uma Infraestrutura verde**. São Paulo: Editora Manole, 2017.

PEREIRA, Paulo Henrique. **Projeto Conservador das Águas**: 12 anos. Extrema, 2017.

PORTO, Antonio Rodrigues. **História urbanística da cidade de São Paulo, 1554 a 1988**. São Paulo: Carthago & Forte, 1992.

PRADO JR, Caio. **A cidade de São Paulo, Fator Geográfico na Formação e Desenvolvimento da cidade de São Paulo**. In: Geografia n. 3. São Paulo, 1935.

QUEIROGA, E. **A megalópole e a praça. O espaço entre a razão de dominação e a ação comunicativa**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: FAUUSP, 2001.

_____. **Dimensões públicas do espaço contemporâneo**: resistências e transformações de territórios, paisagens e lugares urbanos brasileiros. Tese de livre-docência. Universidade de São Paulo, 2012.

RANGER, Nicola; REEDER, Tim; LOWE, Jason. **Addressing 'deep'uncertainty over long-term climate in major infrastructure projects**: four innovations of the Thames Estuary 2100 Project. EURO Journal on Decision Processes, v. 1, n. 3-4, p. 233-262, 2013.

REBUILD BY DESIGN. **Rebuild by Design**. Nova York, 2015. Disponível em < <http://www.rebuildbydesign.org/data/files/502.pdf>>. Acesso em 29 /04 /2017.

REED, Chris; LISTER, Nina-Marie. Parallel genealogies. In: REED, Chris; LISTER, Nina-Marie (org). **Projective ecologies**. New York: Harvard University Graduate School of Design, 2014.

REEDER, Tim; RANGER, Nicola. **How do you adapt in an uncertain world?: lessons from the Thames Estuary 2100 project.** World Resources Report: Washington DC, 2011.

REIMERINK, Letty. **A dutch city makes room for its river – and a new identity.** Citiscope, 2015. Disponível em: < <http://citiscope.org/story/2015/dutch-city-makes-room-its-river-and-new-identity>>. Acesso em 26 /04 /2017.

REIS, Nestor Goulart. **São Paulo: vila cidade metrópole.** São Paulo: BankBoston, 2004.

RICKLEFS, Robert E. **A economia da natureza.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

RODRIGUES, C.; VILLELA, F. N. J. **Disponibilidade e escassez de água na Grande São Paulo:** elementos-chave para compreender a origem da atual crise de abastecimento. Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 399-421, mês. 2016.

RODRIGUES, Francisco de Assis. **A inserção das águas subterrâneas no sistema de abastecimento:** um estudo de caso na Avenida Paulista São Paulo. Dissertação (Mestrado em Geociências). UNICAMP, 2002.

ROLNIK, Raquel. **A cidade e a lei:** legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo. São Paulo: Studio Nobel, 1997.

ROUSE, D.C.; BUNSTER-OSSA, I.F. **Green infrastructure:** a landscape approach. Chicago, IL: APA Planning Advisory Service, 2013.

SABESP. **Dossiê – Sistemas de Esgotamento Sanitário.** 2008. Disponível em <http://memoriasabesp.sabesp.com.br/acervos/dossies/pdf/1_dossie_sistema_de_esgotamento_sanitario.pdf>. Acesso em 09/07/2018.

_____ **CHES** (Crise Hídrica, estratégia e soluções da SABESP para a região metropolitana de São Paulo). 2015

SANT'ANNA, Denise Bernuzzi de. **Cidade das Águas – Usos de rios, córregos, bicas e chafarizes em São Paulo (1822-1901)**. São Paulo: Editora Senac, 2007.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp, 2008.

SÃO PAULO (Cidade). **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo**. Lei Nº 13.430, de 13 de setembro de 2002.

_____. **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo**. Nº 16.050/2014.

SÃO PAULO (GOVERNO DO ESTADO). **Situação dos recursos hídricos no Estado de São Paulo: 2013 e 2014**. São Paulo: Coordenadoria de Recursos Hídricos, 2016a.

_____. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2016 UGRHI 05** - Bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Ano base - 2015. 2016b.

SAUER, Carl. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA, Roberto Lobato; ROSENDAHL, Zeny. **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2004.

SCHASFOORT, Femke; JANSSEN, Stephanie; BOS, Maaïke; FRANCÉS, Felix. **Delta fact: Room for the river**. STOWA: Países Baixos, 2014. Disponível em: <http://deltaproof.stowa.nl/pdf/Room_for_the_river?rld=48>. Acesso em 26 /04 /2017.

SCHUTZER, José Guilherme. **Cidade e meio ambiente: a apropriação do relevo no desenho ambiental urbano**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo: FAUUSP, 2004.

_____. **Cidade e meio ambiente: a apropriação do relevo no desenho ambiental urbano**. São Paulo: Edusp, 2012a.

_____. **Dispersão urbana e apropriação do relevo na macrometrópole de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo: FFLCH, 2012b.

_____ Análise estratégica do relevo e planejamento territorial urbano: compartimentos ambientais estruturantes na macrometrópole de São Paulo. **Revista LABVERDE**, n. 5, p. 12-36, 2012c.

SEABRA, Odette. **Nos meandros dos rios nos meandros do poder**. Tese. (Doutorado em Geografia). São Paulo: FFLCH, 1987.

SENSTADT (Berlin Senate for Urban Development). **Rainwater Management Concepts: Greening buildings, cooling buildings. Planning, construction, operation and Maintenance Guidelines**. Berlin: 2010.

SHAO, Weiwei et al. Data Integration and its Application in the Sponge City Construction of CHINA. **Procedia Engineering**, v. 154, p. 779-786, 2016.

SHEPARD, Wade. Can 'sponge cities' solve China's urban flooding problem? In: Citiscope, 28 de julho de 2016. Disponível em: <<http://citiscope.org/story/2016/can-sponge-cities-solve-chinas-urban-flooding-problem>>. Acesso em 25 /04 /2017.

SILVA, Ana Lucia. **A utilização do modelo WinHSPF no estudo das cargas difusas de poluição da Bacia do Ribeirão da Estiva, SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.

SILVA, Ricardo Toledo. Integration of hydraulic infrastructure in metropolitan São Paulo. In: **Geographica Helvetia**, Jg. 66, 2011. p. 92-99.

_____ PORTO, Monica Ferreira do Amaral. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 17, n. 47, p. 129-145, Apr. 2003.

SOLA, Fernanda. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos compartilhados na bacia Amazônica**. Tese de Doutorado (Ciência Ambiental). Universidade de São Paulo.

STEINER, Frederick. Is landscape planning?. In: Doherty, G; WALDHEIM, C. **Is Landscape...?** New York: Routledge, 2015. p. 152-175.

STRANG, Gary L. Infrastructure as landscape In: **Places**, v. 10, n. 3, 1996.

SWART, R. O. B.; RAES, Frank. Making integration of adaptation and mitigation work: mainstreaming into sustainable development policies? In: **Climate policy**, v. 7, n. 4, p. 288-303, 2007.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. Os climas “naturais”. In: TARIFA, J.R.; AZEVEDO, T.R. (org.). **Os climas na cidade de São Paulo – teoria e prática**. São Paulo: GEOUSP, 2001.

TOLEDO, Benedito Lima de. **São Paulo, três cidades em um século**. São Paulo: Editora Cosac Naify, 2004.

TOLEDO, Roberto Pompeude. **A capital da solidão**: uma história de São Paulo das origens a 1900. São Paulo: Objetiva, 2012.

TRAVASSOS, Luciana R. F. C. **A dimensão socioambiental da ocupação dos fundos de vale urbanos no Município de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo. São Paulo: Procam, 2004.

_____ **Revelando os rios: Novos paradigmas para a Intervenção em Fundos de Vale Urbanos na Cidade de São Paulo**. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo. São Paulo: Procam, 2010.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

TZOULAS, Konstantinos et al. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. In: **Landscape and urban planning**, v. 81, n. 3, p. 167-178, 2007.

UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2018: soluções baseadas na natureza para a gestão da água, resumo executivo, 2018. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261594_por>. Acesso em 23/08/2019.

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

WAGGONNER AND BALL ARCHITECTS. **Greater New Orleans Urban Water Plan**: Urban Design. New Orleans, 2013.

WALKER, B.H. and SALT, S. **Resilience Thinking**: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World. Island Press, 2006.

WARNER, J., EDELENBOS, J., BUUREN van, A. Making space for the river: governance challenges. In: **Making space for the river**: governance experiences with multifunctional river flood management in the US and Europe. IWA Publishing, 2013.

WATSON, Donald & ADAMS, Michele. **Design for Flooding**. Architecture, Landscape, and Urban Design for Resilience to Climate Change. New Jersey: Wiley & Sons, 2011.

WILBY, R. L. "A Review of Climate Change Impacts on the Built Environment". In: **Built Environment**. Vol. 33. N. 01, 2007. p. 31-45.

WILLIAMS, Rosalind. Cultural origins and environmental implications of large technological systems. In: **Science in context**, v. 6, n. 2, p. 377-403, 1993.

WWF. **A Pegada Ecológica de São Paulo** – Estado e Capital e a família de pegadas. WWF, 2012.

YOUNG, Andrea Ferraz; NOBRE, Carlos Afonso. Mapping Risk and Vulnerability in São Paulo Metropolitan Region. In: **Resilient Cities 2**. Springer Netherlands, 2012. p. 53-63, 2012.

YU, K.; Padua, M. **The art of survival – Recovering landscape architecture**. Mulgrave: Images Publishing Group Pty.Ltd, 2006.

ZEVENBERGEN, C., RIJKE, J., VAN HERK, S., LUDY, J., & ASHLEY, R. (2013). Room for the River: International relevance. In: **Water Governance**, v.2, 2013, p.24-31.