



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANNA KRYSLENE VIANA CHIANCA BRILHANTE

**TRANSIÇÃO PARA CIDADE-ESPONJA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA
A CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB**

JOÃO PESSOA
2020

ANNA KRYSLENE VIANA CHIANCA BRILHANTE

**TRANSIÇÃO PARA CIDADE-ESPONJA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA
A CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba como um dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lopes Soares

JOÃO PESSOA

2020

B857t Brilhante, Anna Kryslene Viana Chianca.

TRANSIÇÃO PARA CIDADE-ESPONJA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES
PARA A CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB / Anna Kryslene Viana
Chianca Brilhante. - João Pessoa, 2020.

94 f.

Orientação: Fábio Lopes Soares.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Urbanização. 2. Impermeabilização do Solo. 3.
Planejamento Urbano Sustentável. 4. Infraestrutura
Verde. 5. Drenagem Urbana. I. Soares, Fábio Lopes. II.
Título.

UFPB/BS/CT

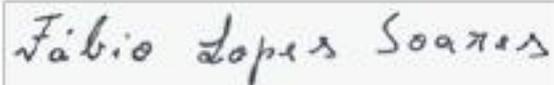
CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANNA KRYSLENE VIANA CHIANCA BRILHANTE

**TRANSIÇÃO PARA CIDADE-ESPONJA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A
CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso em 03/12/2020 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Fábio Lopes Soares
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Aline Flávia Nunes Remigio Antunes
Universidade Federal da Paraíba

APROVADO



Gilson Barbosa Athayde Júnior
Universidade Federal da Paraíba

APROVADO



Prof. Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

Dedico este trabalho aos cidadãos pessoenses e às pessoas de bem que trabalham pela manutenção e melhoria da qualidade de vida em João Pessoa.

“Comece fazendo o que é necessário,
então faça o que é possível, e de repente
você estará fazendo o impossível”

(São Francisco de Assis)

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a Deus por ter me permitido concluir mais um ciclo na vida. Obrigada por dispor de Sua Mãe, anjos e santos, especialmente São Miguel Arcanjo, São Francisco, Santa Teresa d'Ávila, Santa Teresinha, São Padre Pio, São João Paulo II e São Tomás de Aquino, para me guiarem e intercederem por mim durante essa caminhada.

Agradeço a minha família. Aos meus avôs Auto e Francisco, pelo amor e ensinamentos que passaram durante o tempo em que conviveram comigo. As minhas avós, Maria das Neves e Mercedes, pelas dicas e pelo exemplo de mulheres que são. Aos meus pais, Cristina e Jairo, pela paciência e apoio. Aos meus irmãos, Júh, Bruno e Adryel, pela união. A todos os meus tios e tias, sempre presentes e prestativos. E aos meus primos, pelos momentos de descontração.

Agradeço ao meu namorado, Rodrigo, e aos seus pais, Joselita e Robson, pelo apoio e acolhimento, inclusive durante a elaboração do meu TCC. Agradeço, também, a Pe. Carlos, Pe. Luiz e todos os paroquianos da Paróquia São Pedro Pescador, por serem inspiração para mim. Agradeço, especialmente, aos meus amigos da Missão Chama de Amor, pela fraternidade e caminhada na fé. Agradeço a Beatriz, Nathalia Ellen, Bárbara, Fernanda, Walter, Rodolfo, Thiago, Cely, Albanísia e Mickael, pela perpetuação da amizade.

Aos meus colegas de curso, Camila, Leonardo, Michelle, Rafaela, Jorge, Mayara, Hanna, João Wagney, Paulo, Jéssica, Rafael e Jônatas, pelo companheirismo. Aos professores das disciplinas básicas de cálculo, Jorge, Manassés, Lenimar e Everaldo, pela atenção e metodologia. Às professoras Elisângela Maria, Amélia Severino e Cláudia Coutinho, pela orientação nos projetos e congressos. Aos demais professores e servidores do curso, especialmente os professores Andrea, Pablo, Clóvis, Ana Cláudia e Marcílio, e ao servidor Daniel.

Por fim, mas não menos importante, agradeço ao meu professor orientador, Fábio Lopes, e aos professores que compõem a banca examinadora, Aline Remígio e Gilson Barbosa, pelas aulas exemplares, pelas orientações em trabalhos durante o curso e por aceitarem o convite.

Deus abençoe cada um de vocês!

RESUMO

Devido ao processo de urbanização acelerado e não planejado, levando a uma alta taxa de impermeabilização do solo, as cidades brasileiras passam por graves problemas socioambientais relacionados aos eventos pluviométricos volumosos e frequentes. Portanto, é essencial a realização de intervenções urbanas capazes de mitigar ou solucionar esses problemas. Este trabalho teve como objetivo identificar desafios e oportunidades na transição da João Pessoa atual para uma cidade-esponja, modelo de cidade que utiliza recursos inovadores da arquitetura e construção para evitar enchentes e alagamentos, além de gerar outros benefícios. Para tal, foi realizado um levantamento bibliográfico de modo a explorar esse conceito de cidade, apresentar exemplos brasileiros e no exterior e analisar a situação de João Pessoa. As cidades utilizadas como exemplo foram Wuhan, Berlim, Frankfurt, Nova York, Copenhague, Porto Alegre e São Paulo. Todas sofriam com problemas de drenagem urbana e adotaram políticas públicas de incentivo à implantação de telhados verdes, parques lineares, parques alagáveis, pavimentos permeáveis, reservatórios de detenção e retenção, entre outros. Para João Pessoa, os empasses na gestão pública foram o principal desafio identificado, pois dependem do poder de decisão dos órgãos públicos. As principais oportunidades identificadas foram: existência de locais apropriados para a implantação de medidas abordadas pelas cidades-esponja, iniciativas profissionais sugerindo a implantação de estratégias de drenagem mais sustentáveis e estudos locais voltados para sustentabilidade e reutilização da água da chuva. A Prefeitura Municipal de João Pessoa precisa, portanto, agir de forma mais assertiva com relação à gestão das águas urbanas. Implantar um Plano Diretor de Drenagem Urbana adequado, sustentável e eficiente, considerando os aspectos propostos pelas cidades-esponja, seria um bom começo.

Palavras-chave: Urbanização; Impermeabilização do Solo; Planejamento Urbano Sustentável; Infraestrutura Verde; Drenagem Urbana.

ABSTRACT

Due to the accelerated and unplanned urbanization process, which lead to a high rate of soil sealing, brazilian cities are going through serious socio-environmental problems related to massive and frequent rainfall events. Therefore, it is essential to carry out urban interventions that are capable of mitigating or solving these problems. This work aimed to identify the challenges and opportunities in the transition of the current configuration of the city of João Pessoa to a sponge city, which is a city model that uses innovative architectural and construction resources to prevent floods, in addition to generating other benefits. For such, a bibliographic survey was carried out to explore this concept of city, in order to present brazilian and foreign examples and analyze the current situation of João Pessoa. The cities used as example were Wuhan, Berlin, Frankfurt, New York, Copenhagen, Porto Alegre and São Paulo. All of them suffered with urban drainage problems and adopted public policies to encourage the implementation of green roofs, linear parks, wetlands, permeable pavements, detention and retention reservoirs, among others. For João Pessoa, the impasses in public management were the main challenges identified, as they are dependent of the decision-making power of public agencies. The main opportunities identified were the existence of appropriate places for the implementation of measures used in sponge cities, professional initiatives that suggest the implementation of more sustainable drainage strategies and local studies aimed at sustainability and rainwater reuse. Therefore, the city hall of João Pessoa needs to act more assertively in relation to the urban water management. The implementation of an appropriate, sustainable and efficient Urban Drainage Master Plan, considering the aspects proposed by the sponge cities, would be a good start.

Keywords: Urbanization; Soil Sealing; Sustainable Urban Planning; Green Infrastructure; Urban Drainage.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	JUSTIFICATIVA.....	17
1.2	OBJETIVOS.....	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos Específicos.....	18
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO.....	20
2.1	PROCESSO DE URBANIZAÇÃO.....	20
2.1.1	Impactos da urbanização no escoamento superficial da água	22
2.2	DESASTRES NATURAIS CAUSADOS PELAS CHUVAS.....	24
2.3	PLANEJAMENTO URBANO E SUSTENTABILIDADE	25
2.3.1	Importância do planejamento urbano para prevenção de inundações... 28	28
2.4	SISTEMAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	29
3	METODOLOGIA.....	33
4	CONCEITO DE CIDADE-ESPONJA.....	35
4.1	BENEFÍCIOS DAS CIDADES-ESPONJA	39
4.2	SOLUÇÕES PROPOSTAS PELAS CIDADES-ESPONJA	42
4.3	DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA IMPLANTAÇÃO DE CIDADES-ESPONJA.....	51
5	EXEMPLOS BRASILEIROS E NO EXTERIOR	55
5.1	CHINA.....	55
5.1.1	Wuhan.....	58
5.2	ALEMANHA	60
5.2.1	Berlim.....	60
5.2.2	Frankfurt.....	61
5.3	ESTADOS UNIDOS.....	62
5.3.1	Nova York	62
5.4	DINAMARCA	63
5.4.1	Copenhague	63
5.5	BRASIL	65
5.5.1	Porto Alegre	66

5.5.2	São Paulo	69
6	ESTUDO DE CASO: JOÃO PESSOA	71
6.1	TRANSIÇÃO PARA CIDADE-ESPONJA.....	75
6.1.1	Desafios.....	76
6.1.2	Oportunidades	77
6.1.3	Recomendações	81
6.1.4	Resumo dos Desafios, Oportunidades e Recomendações.....	82
7	CONCLUSÃO.....	84
	REFERÊNCIAS	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - População urbana mundial e por continente em 1995 e em 2015.....	20
Figura 2 - Evolução da taxa de urbanização no Brasil de 1940 a 2010.....	21
Figura 3 – Relação entre superfícies impermeabilizadas e escoamento superficial.	23
Figura 4 - Planta da cidade de Mileto, organizada no século V a.C., por Hipódamo.	26
Figura 5 - Sistemas de manejo de águas pluviais.....	32
Figura 6 - Nuvem de palavras relacionadas ao conceito de cidade-esponja.....	37
Figura 7 - Linha do tempo do desenvolvimento do LID a nível internacional....	38
Figura 8 - Diferenças entre superfícies impermeáveis e superfícies permeáveis.	40
Figura 9 - Brise vegetal.....	43
Figura 10 - Exemplo de cobertura verde.....	44
Figura 11 - Corredor verde na Avenida 3 de Maio na cidade de São Paulo.	44
Figura 12 - Diferentes utilidades de uma horta urbana.....	45
Figura 13 - Exemplo de pavimento de concreto intertravado drenante.	46
Figura 14 - Jardim de chuva no Centro Cultural Fundação Progresso na cidade do Rio de Janeiro.	47
Figura 15 - Ilhas artificiais que purificam cursos d'água nas Filipinas.	48
Figura 16 - Parque dos Manguezais em Sanya, na China, um exemplo de parque alagável.....	48
Figura 17 - Resíduos acumulados em um reservatório de detenção na cidade de Embu das Artes, no estado de São Paulo.....	49
Figura 18 - Quadra da praça Benthemplein, em Roterdã, na Holanda, em um dia sem chuva.....	50
Figura 19 - Quadra na Praça Benthemplein, em Roterdã, na Holanda, com água.	50
Figura 20 - Parque Linear Sétimo Céu em Passo Fundo, no estado do Rio Grande do Sul.	51
Figura 21 - Dados necessários para projetar uma cidade-esponja.	53
Figura 22 - Rio Yongning antes da construção de um parque alagável na cidade chinesa de Taizhou.	56

Figura 23 - Rio Yongning após construção do parque alagável.	56
Figura 24 - Parque alagável Yanweizhou, na cidade de Jinhua, na China.	57
Figura 25 - Concreto permeável usado na construção do Parque Yanweizhou, em Jinhua, na China.	57
Figura 26 - Parque alagável de Qunli, na China, criado para reter, filtrar e devolver ao solo a água da chuva.	58
Figura 27 - <i>Garden Expo Park</i> , parque alagável em Wuhan.	59
Figura 28 - Render do Parque Xinyuexie em Wuhan.	59
Figura 29 - Telhados verdes no bairro de Rummelsburg em Berlim.	61
Figura 30 - Edifício com telhado verde no bairro de Rummelsburg em Berlim.	61
Figura 31 - Telhado verde implantado sobre prédio da Escola de Finanças e Administração de Frankfurt.	62
Figura 32 - Moradora observando um <i>biowaste</i> utilizado para coletar a água da chuva em Maspeth, Queens.	63
Figura 33 - Cidade de Copenhague após inundações em 2011.	64
Figura 34 - Telhados verdes no bairro de Kalvebod Brygge, em Copenhague.	65
Figura 35 - Construção de reservatório de retenção na Praça Celso Luft, Porto Alegre.	67
Figura 36 - Quadra de esporte sob a qual está construído o reservatório.	67
Figura 37 - Avenida Goethe antes da implantação das ações do PDDrU em Porto Alegre.	68
Figura 38 - Avenida Goethe depois da implantação das ações do PDDrU em Porto Alegre.	68
Figura 39 - Parque Tiquatira, primeiro parque linear da cidade de São Paulo.	70
Figura 40 - Localização do município de João Pessoa.	71
Figura 41 - Mapa de riscos à inundação em João Pessoa.	72
Figura 42 - Alagamento na Av. Sanhauá, no Bairro do Varadouro, em 2019.	73
Figura 43 - Alagamento na Av. Sérgio Guerra, no Bairro dos Bancários, em 2019.	74
Figura 44 - Esquema de permeabilidade do solo da proposta de parque linear no rio Jaguaribe.	78
Figura 45 - Perspectiva diurna da proposta do parque linear no rio Jaguaribe.	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual da população urbana na população total, segundo as Grandes Regiões – 2010.....	22
Tabela 2 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas.....	30
Tabela 3 - Considerações sobre o conceito de cidade-esponja.	36
Tabela 4 - Vantagens das cidades-esponja em micro e macroescala.	41
Tabela 5 - Comparação entre o sistema tradicional de manejo de água e a abordagem das cidades-esponja.....	42
Tabela 6 - Desafios e perspectivas para o desenvolvimento das cidades-esponja na China.	52
Tabela 7 - Pontos propícios a inundação em João Pessoa.....	73
Tabela 8 - Desafios, oportunidades e recomendações relacionados à transição de João Pessoa para uma cidade-esponja.	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C. - antes de Cristo

Art. - Artigo

Av. - Avenida

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento

BMPs - Best Management Practices

CMJP - Câmara Municipal de João Pessoa

Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEs - Cidades-espoja

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

COBRAPE - Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos

CBTU - Companhia Brasileira de Trens Urbanos

CAU/PB - Conselho de Arquitetura e Urbanismo da Paraíba

COMPDEC/JP - Coordenadoria Municipal de Defesa Civil

DEP - Departamento de Esgotos Pluviais

EUA - Estados Unidos da América

FAU-USP - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

FISRWG - Federal Interagency Stream Restoration Working Group

FTC - Advertising Department of the Financial Times

GGmbH - Deutsches Institut für Urbanistik

GTAI - Germany Trade & Invest

ICES BRASIL - Iniciativa Cidades Emergentes e Sustentáveis Brasil

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística

IPH/UFRGS - Instituto de Pesquisas Hidráulicas do Rio Grande do Sul

LID - Low Impact Development

LIUDD - Low Impact Urban Designand Development

MI - Ministério da Integração Nacional

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional

MUNIC - Pesquisa de Informações Básicas Municipais

NYU - New York University

ONU - Organização das Nações Unidas

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PB - Paraíba

PMAP-SP - Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais

PDDrU - Plano Diretor de Drenagem Urbana

PMJP - Prefeitura Municipal de João Pessoa

PCE - Programa Cidade-esponja

ReCESA - Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental

R. - Rua

Scielo - Scientific Electronic Library Online

Seinfra - Secretaria Municipal de Infraestrutura

SNDC - Secretaria Nacional de Defesa Civil

SNIS-AP - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Águas Pluviais

SCP – Sponge City Program

SuDS - Sustainable Urban Drainage System

UN-HABITAT - United Nations Human Settlements Programme

UFF - Universidade Federal Fluminense

WRI - World Resources Institute

WSUD - Water Sensitive Urban Design

1 INTRODUÇÃO

Foi a partir da Primeira Revolução Agrícola, com o desenvolvimento de tecnologias e a geração de excedentes agrários, que o homem pré-histórico migrou do sistema de caça e coleta para agricultura. Essa transição favoreceu o surgimento das primeiras vilas e aglomerados urbanos, visto que o homem não precisava mais de grandes deslocamentos para adquirir os bens necessários à subsistência.

Desde então, a população cresceu exponencialmente, exigindo uma maior organização política, econômica e estrutural. Cidades da Antiguidade, como Roma e Grécia, são conhecidas até hoje pelo modo como se estruturaram. A primeira, por exemplo, destacou-se pelas estradas construídas e a segunda, pela arquitetura.

Com a Revolução Industrial, do século XVIII ao XX, a população rural foi atraída para os grandes centros urbanos devido ao considerável crescimento econômico. No entanto, nem todos estavam preparados para isso. A falta de um planejamento adequado culminou em uma série de problemas, desde a poluição ambiental à pobreza extrema, resultando na proliferação de doenças e no aumento de desabrigados.

Esses problemas despertaram na sociedade a busca por maneiras mais sustentáveis, integradas e eficientes de se organizar. Atualmente, novos conceitos têm contribuído para tal. Dentre eles, destacam-se as cidades inteligentes, cidades verdes, cidades resilientes, entre outras, cada qual com suas particularidades.

Um outro conceito inovador é o das cidades-esponja ou *sponge cities*. Propõe medidas sustentáveis capazes de mitigar as inundações urbanas, cujas principais causas são as mudanças climáticas, a impermeabilização do solo devido à urbanização e as políticas de planejamento urbano inadequadas.

Diante disso, este trabalho buscou identificar os desafios e oportunidades para implantação dessas medidas na área de estudo, a cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba (PB). Com os resultados, será possível contribuir para o desenvolvimento da infraestrutura de drenagem da cidade, a qual se encontra obsoleta, necessitando de expansão e adequação, como em grande parte das cidades brasileiras.

1.1 JUSTIFICATIVA

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável criados pela Organização das Nações Unidas (ONU) para atingir a Agenda 2030 abordam os principais desafios de desenvolvimento relacionados à pobreza, ao meio ambiente e ao clima enfrentados pelas pessoas no mundo (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2020). Dos dezessete objetivos, três podem ser alcançados através das cidades-esponja, visto que estão relacionados às propostas desse novo conceito de cidade:

- **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 - Água potável e saneamento:** Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos;
- **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 - Cidades e comunidades sustentáveis:** Tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis;
- **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13 - Ação contra a mudança global do clima:** Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos.

O saneamento básico envolve serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2020). Com relação à drenagem, dentre os 3.603 municípios participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Águas Pluviais (SNIS-AP) em 2018, apenas 901 (25%) afirmaram adotar soluções de drenagem com a capacidade de reduzir a magnitude do escoamento superficial captado, por meio de infiltração e/ou armazenamento temporário (SNS, 2019).

No tocante às alterações climáticas e seus impactos, de acordo com dados do *World Resources Institute (WRI)*, aproximadamente 21 milhões de pessoas podem ser afetadas por enchentes de rios em média a cada ano, número que pode subir para 54 milhões em 2030, caso medidas suficientes não sejam adotadas. (LUO, 2015).

A Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC 2017, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017a) coletou dados referentes a desastres devido águas pluviais entre 2013 e 2016. Dos 5.570 municípios

brasileiros, 1.729 (31%) declararam ter sido atingidos por alagamentos, 1.515 (27,2%) foram atingidos por enchentes ou inundações graduais, 1.590 (28,5%) atingidos por enxurradas ou inundações bruscas e 833 (14,95%) por escorregamentos ou deslizamentos de encostas.

Somando-se os dados do ano de ocorrência de maior impacto para cada município, considerando as enchentes, inundações, escorregamentos e deslizamentos, um total de 3.133 edificações foram atingidas, 2.260 pessoas ficaram desabrigadas e 238 foram vítimas fatais. No estado da Paraíba, contabilizou-se um total de 24 municípios atingidos por esses eventos, incluindo os alagamentos. (IBGE, 2017a).

A partir desses dados, torna-se indispensável, portanto, a realização de intervenções capazes de reduzir ou solucionar os problemas socioambientais relacionados à água urbana. A partir do conceito de cidade-esponja, espera-se que esta pesquisa possa servir como base para a realização de planos e projetos futuros, de modo a reduzir perdas e gastos devido a desastres naturais causados pelas chuvas nas cidades, favorecendo o bem-estar e a qualidade de vida da população.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é identificar desafios e oportunidades na transição urbana da João Pessoa atual para uma cidade-esponja, explorando o conceito desse novo modelo de cidade e utilizando referências brasileiras e no exterior.

1.2.2 Objetivos Específicos

Pretende-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Selecionar e expor conceitos existentes destacando suas características mais marcantes;
- Apresentar exemplos de cidades brasileiras e no exterior que já estão em transição e os contextos que a propiciaram;

- Identificar desafios e oportunidades potenciais inerentes à realidade pessoense.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além da introdução, no Capítulo 1, o trabalho estrutura-se em mais seis capítulos. No Capítulo 2, serão expostos os principais tópicos e conceitos da fundamentação teórica, abordando aspectos sobre urbanização, desastres naturais causados pelas chuvas, planejamento urbano, sustentabilidade e sistemas de manejo de águas pluviais. No Capítulo 3 será apresentada a metodologia adotada, classificando o trabalho e detalhando a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso.

No Capítulo 4 inicia-se a apresentação dos resultados do trabalho, através da conceituação de cidade-esponja. Também são apresentados benefícios, soluções, oportunidades e desafios relacionados à implantação de uma cidade-esponja. Em continuidade, o quinto capítulo traz um panorama de algumas cidades consideradas cidades-esponja na China, Alemanha, Estados Unidos, Dinamarca e Brasil.

No Capítulo 6, foca-se na caracterização da cidade objeto de estudo, João Pessoa-PB, e na identificação dos desafios e oportunidades mediante uma possível transição para cidade-esponja. No Capítulo 7, através da conclusão, são retomadas as ideias principais, feitas as considerações finais e indicadas sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO

Este capítulo está dividido em quatro itens que abordam aspectos sobre urbanização, desastres naturais causados pelas chuvas, planejamento urbano e sustentabilidade e sistemas de manejo de águas pluviais, nessa sequência. Esses temas foram escolhidos a fim formar uma base teórica necessária para compreender melhor os resultados e discussões do trabalho.

2.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

Segundo a ONU NEWS (2019a), a população mundial deve passar dos atuais 7,7 bilhões para 9,7 bilhões de pessoas até 2050. Em 2018, 4,2 bilhões, o equivalente a 55% da população mundial, viviam em centros urbanos. Estima-se que, até 2050, mais 2,5 bilhões de cidadãos escolham morar em cidades. (ONU NEWS, 2019b). Na Figura 1 observa-se a comparação entre a população mundial urbana em 1995 e em 2015.

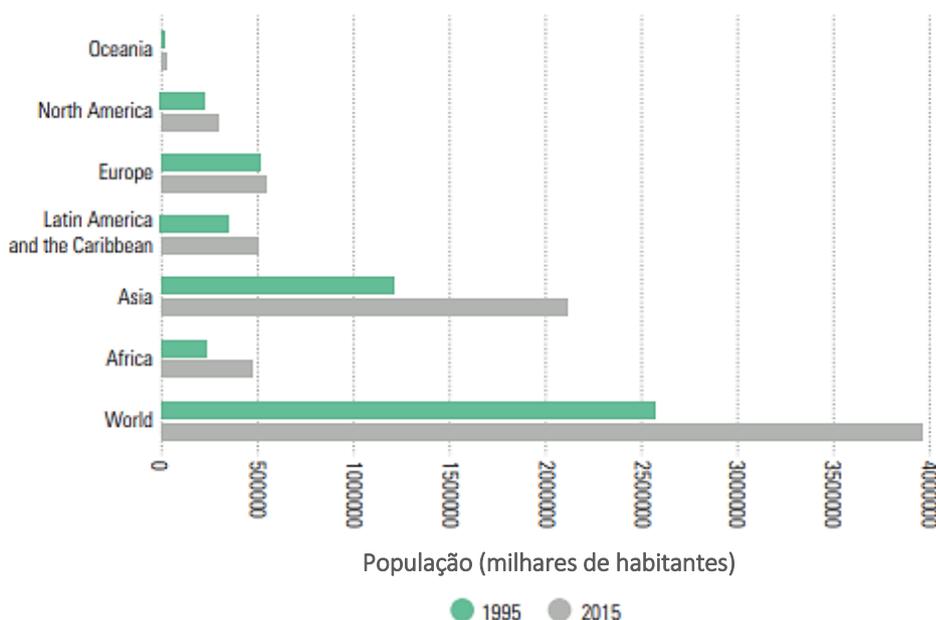


Figura 1 - População urbana mundial e por continente em 1995 e em 2015.

Fonte: Adaptado de UN-HABITAT (2016).

Apesar da população urbana crescer mais rápido em algumas regiões do que em outras, em todas houve um aumento da urbanização. A Ásia apresenta o maior

número de pessoas vivendo em áreas urbanas, seguida da Europa, África e América Latina. Assim, segundo o *United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT)* (2016), as cidades asiáticas tornaram-se nós críticos no sistema de acumulação global e desenvolvimento regional.

Com uma população atual de mais de 212 milhões de pessoas (IBGE, 2020a), o Brasil também passou por uma rápida urbanização nas últimas décadas. A Figura 2 exibe o avanço da taxa de urbanização no Brasil, ou seja, a percentagem da população da área urbana em relação à população total, nos anos em que foram realizados os censos demográficos pelo IBGE entre 1940 e 2010.

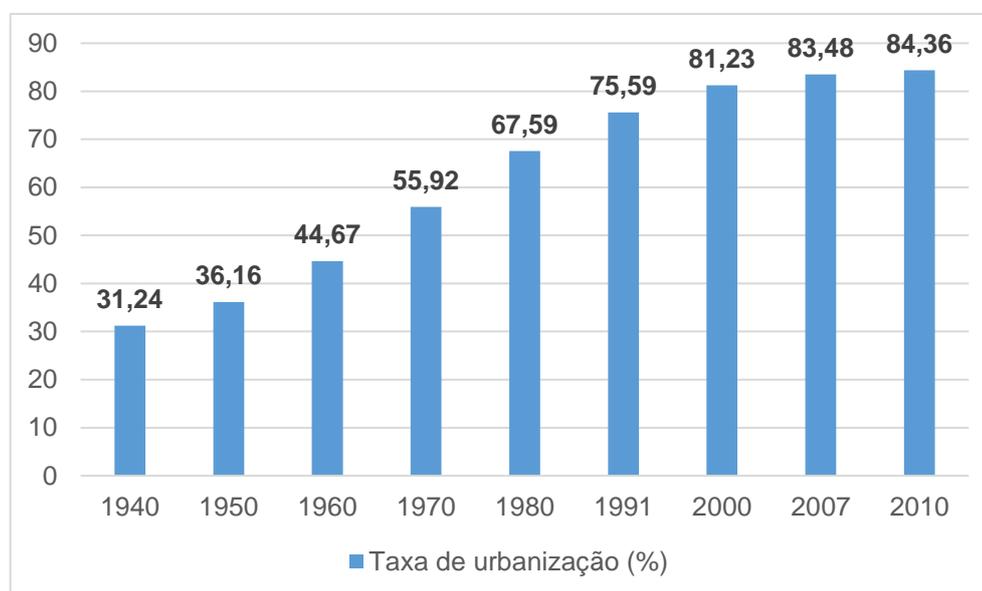


Figura 2 - Evolução da taxa de urbanização no Brasil de 1940 a 2010.

Fonte: Adaptado de IBGE (2020b).

Esses dados demonstram que até meados do século XX a maioria da população brasileira vivia em áreas rurais. Foi a partir da década de 70 que essa situação se inverteu, com a taxa de urbanização superando os 50%. Nas décadas seguintes, esse processo continuou ocorrendo, no entanto, sem o planejamento adequado dos meios urbanos e de forma diferente para cada região brasileira, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Percentual da população urbana na população total, segundo as Grandes Regiões – 2010.

Grandes Regiões	Percentual				
	1970	1980	1991	2000	2010
Brasil	55,9	67,6	75,6	81,2	84,4
Norte	45,1	51,6	59,0	69,9	73,5
Nordeste	41,8	50,5	60,7	69,1	73,1
Sudeste	72,7	82,8	88,0	90,5	92,9
Sul	44,3	62,4	74,1	80,9	84,9
Centro-Oeste	48,1	67,8	81,3	86,7	88,8

Fonte: (IBGE, 2013).

Nota-se que, na década de 70, a população urbana da região sudeste correspondia a quase três quartos da população total, enquanto nas demais regiões a maioria ainda vivia em zonas rurais. Porém, do mesmo modo que ocorreu mundialmente com relação aos continentes, houve um aumento da urbanização em todas as regiões. Apesar disso, as regiões Norte e Nordeste apresentam taxas bem inferiores, em torno dos 70%, comparando-se com as demais, acima dos 80%.

À medida que a população urbana aumenta, a ocupação do solo aumenta em uma taxa ainda maior. Enquanto a população cresceu a uma taxa de 17%, em média, para uma amostra global de 120 cidades analisadas entre 1990 e 2000, a área construída cresceu 28%. (NYU, 2015). Projeta-se que até 2030 a população urbana dos países desenvolvidos dobrará, enquanto a área coberta por construções triplicará. (ANGEL *et al.*, 2011). Isso leva ao aumento das emissões de gases estufa e a alterações do ecossistema, além de impactar no escoamento superficial da água, devido a impermeabilização do solo.

2.1.1 Impactos da urbanização no escoamento superficial da água

Villela e Mattos (1975, p. 2) resumem o ciclo hidrológico como a “circulação da água, do oceano, através da atmosfera, para o continente, retorno, após detenção em vários pontos, para o oceano, através de escoamentos superficiais ou subterrâneos e, em parte pela própria atmosfera”. Alterações em qualquer fase do ciclo podem causar excesso ou a falta de água, impactando negativamente a área afetada.

A fase mais importante para o engenheiro é a do escoamento superficial, visto que a maioria dos estudos hidrológicos está relacionada ao aproveitamento da água

superficial e à proteção contra fenômenos provocados por seu deslocamento. Os fatores que influenciam no escoamento superficial podem ser de natureza climática ou de natureza fisiográfica. Dentre os fatores climáticos, os principais são a intensidade e a duração da precipitação. Os fisiográficos mais importantes são a área, forma, permeabilidade, infiltração e topografia da bacia. (VILELLA; MATTOS, 1975).

O processo de urbanização interfere especialmente na permeabilidade e infiltração, como ilustra a Figura 3. Com isso, os problemas de inundação ocasionados pelo aumento do escoamento superficial em consequência da impermeabilização das áreas de terrenos naturais têm sido cada vez maiores, trazendo consigo perdas econômicas, sociais e ambientais (COBRAPE, 2018).

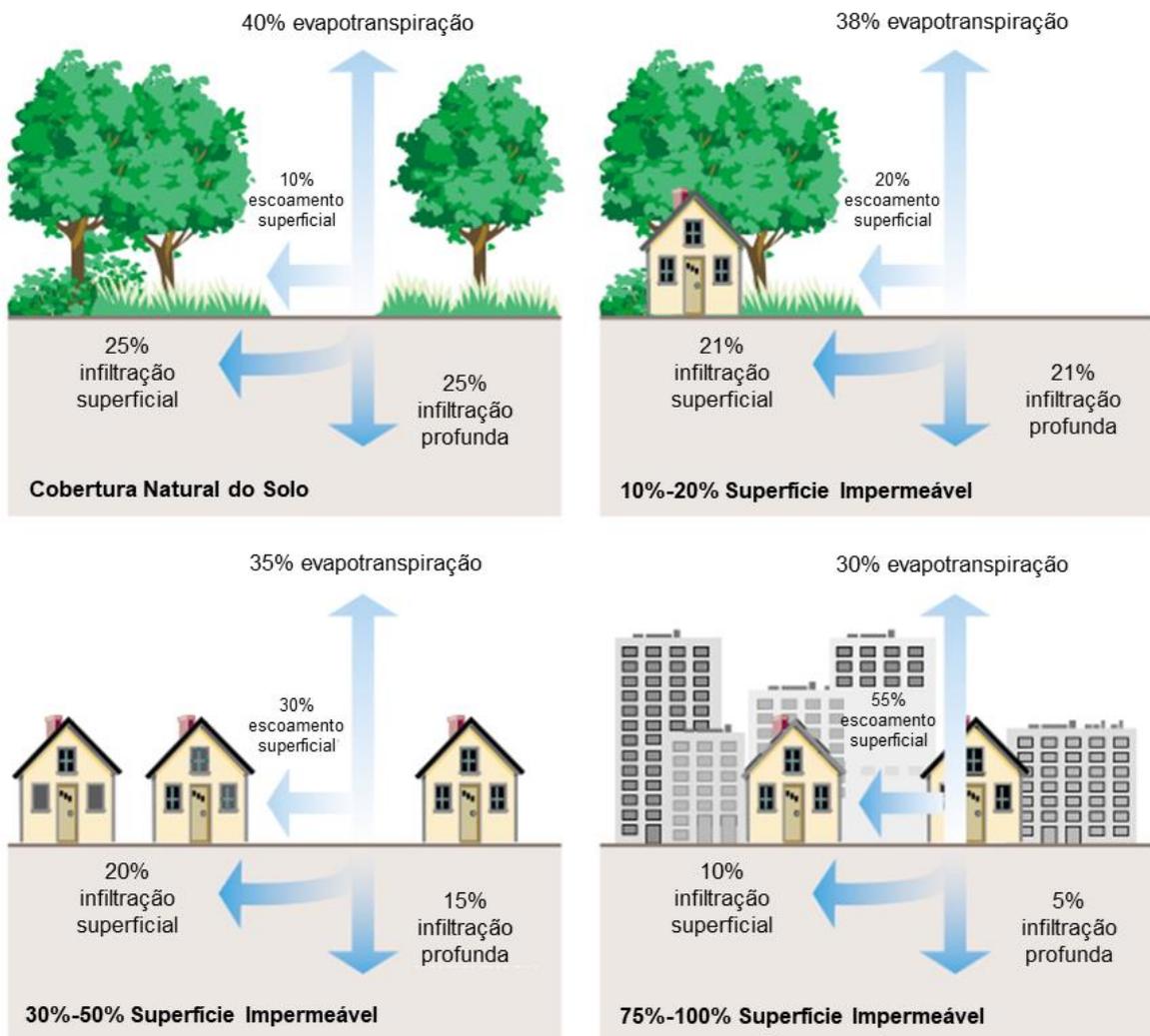


Figura 3 – Relação entre superfícies impermeabilizadas e escoamento superficial.

Fonte: Adaptado de FISRWG (1998).

Os valores apresentados são consideráveis. À medida que a impermeabilização aumenta, as infiltrações superficial e profunda reduzem. O escoamento superficial aumenta mais do que cinco vezes comparando a situação inicial, de cobertura natural do solo, com a final, de 75% a 100% de superfície impermeável, comum nas grandes cidades.

2.2 DESASTRES NATURAIS CAUSADOS PELAS CHUVAS

O Decreto nº 7.257, de 4 de agosto de 2010, em seu Art. 2º, define desastre como o “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais”. São classificados quanto à evolução, intensidade e origem. Com relação à origem, dividem-se em naturais, humanos ou antropogênicos e mistos.

Os desastres naturais consistem nos provocados por fenômenos e desequilíbrios da natureza, produzidos por fatores de origem externa que atuam independentemente da ação humana. Em função de sua natureza primária, classificam-se em desastres naturais de origem sideral, relacionados com a geodinâmica terrestre externa ou interna e relacionados com desequilíbrios na biocenose¹. (BRASIL, 1995).

Os desastres naturais causados pelas chuvas fazem parte dos relacionados à geodinâmica terrestre externa e denominam-se “Desastres Naturais relacionados com o Incremento das Precipitações Hídricas e com as Inundações”. Em função da evolução, as inundações são classificadas em: enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar (BRASIL, 1995).

Para melhor compreensão deste trabalho, considerou-se pertinente apresentar as seguintes definições, retiradas do Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres (1998):

¹ Associação de espécies de organismos vivos que vivem em equilíbrio ecológico no mesmo habitat (WINGE, 2014).

- **INUNDAÇÃO:** Transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas.
- **CHEIA:** 1. Enchente de um rio causada por chuvas fortes ou fusão das neves. 2. Elevação temporária e móvel do nível das águas de um rio ou lago. 3. Inundação
- **ENCHENTE:** Elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal. Termo normalmente utilizado como sinônimo de inundação.
- **ALAGAMENTO:** Água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes.

Portanto, entende-se que o termo inundação abrange os demais, pois envolve causas devido a fenômenos naturais e a fatores de drenagem. Assim, as cheias e enchentes diferenciam-se dos alagamentos por estarem relacionadas diretamente aos fenômenos naturais em si, enquanto que estes estão mais relacionados a fatores com interferência direta na permeabilidade da água no solo ou a sistemas de drenagem deficientes que, somados às chuvas, podem ocasionar acúmulos de água localizadas (MDR, 2019).

2.3 PLANEJAMENTO URBANO E SUSTENTABILIDADE

Quando se trata dos primeiros relatos de planejamento urbano, os estudiosos fazem menção ao filósofo e arquiteto Hipódamo de Mileto, inventor da divisão regular da cidade. Por volta de 475 a.C. ele introduz o traçado ortogonal (Figura 4) à reconstrução da cidade de Mileto, na Grécia, após ter sido destruída pelos persas em 494 a.C., disseminando sua inovação pelo mundo grego. (ABIKO *et al.*, 1995).

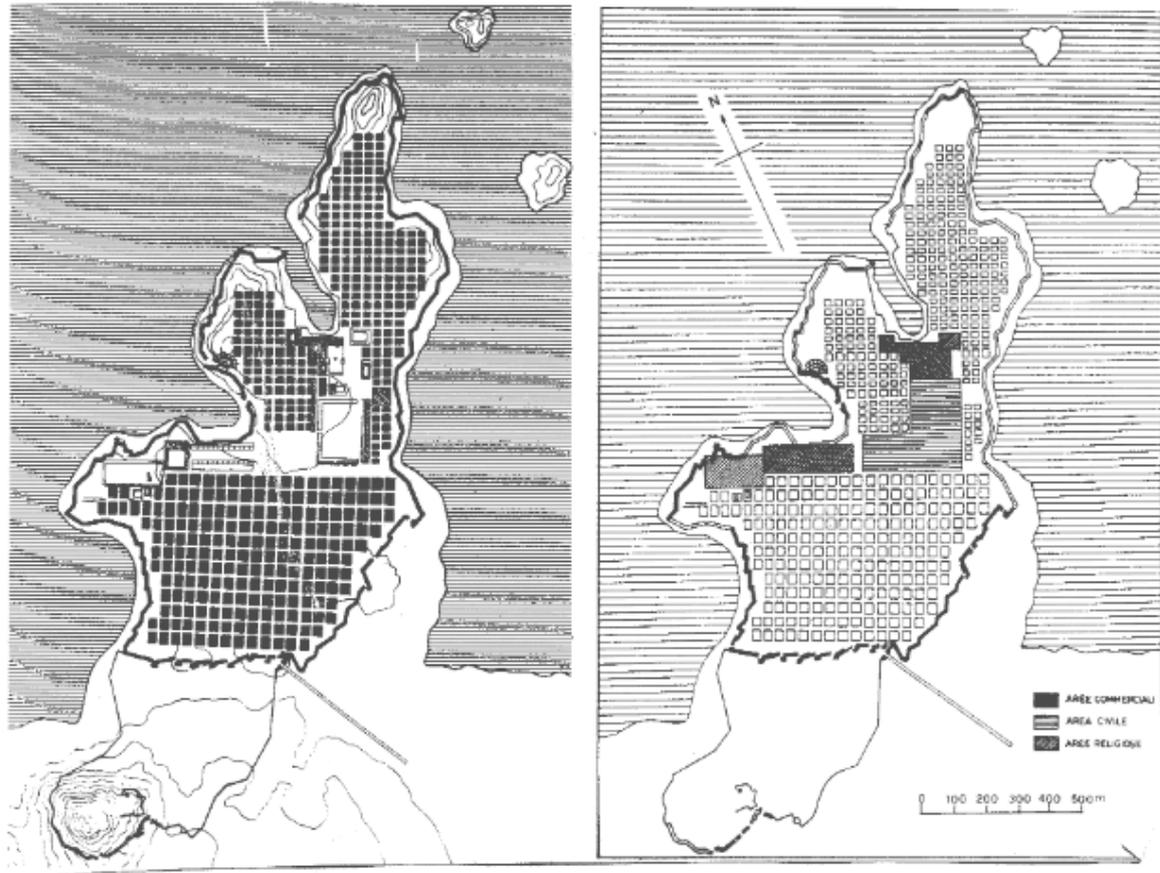


Figura 4 - Planta da cidade de Mileto, organizada no século V a.C., por Hipódamo.
 Fonte: (BENEVOLO, 1971 *apud* ABIKO *et al.*, 1995).

O urbanismo na cidade não se limitava ao rigor do traçado, havia, também, um certo zoneamento. Os quarteirões mediam cerca de 30 x 52 metros e as zonas dividiam-se em porto militar, *ágora*, santuários, *emporion* (porto comercial) e setores residenciais. (ABIKO *et al.*, 1995).

Desde então, a mudança mais importante, que culminou no surgimento do termo “planejamento urbano”, foi a Revolução Industrial. Até então o que se fazia era “desenho urbano”, mais simplificado e pontual. Surgiu, assim, o urbanismo moderno, com o intuito maior e utópico de resolver todos os problemas das cidades, baseando-se em quatro setores: habitar, trabalhar, lazer e circular, e tendo como principais instrumentos o zoneamento rígido e de setorização extrema. (SCOPEL *et al.*, 2018).

Após essa fase, iniciou-se o urbanismo pós-moderno, como resposta à ideologia moderna, defendendo o ponto de vista de que não existem planos ideais que se adequam a todas as cidades. A cidade passa a estar voltada ao comércio. Surgem planos e projetos estratégicos com fundamentações ecológicas e socioeconômicas, voltados à atração de capital e de pessoas. (SCOPEL *et al.*, 2018).

A partir dos anos 2000, começou-se a compreender que a cidade também precisa ser um espaço democrático e saudável, permitindo uma vida de qualidade para todas as pessoas. Hoje, a tendência é que o planejamento devolva a cidade para as pessoas, garantindo bons espaços urbanos para que todos possam vivenciar e sentir a cidade igualitária e conjuntamente. (SCOPEL *et al.*, 2018).

No Brasil, a história do planejamento urbano começa, aproximadamente, no ano de 1950. Scopel *et al.* (2018), dividem-na em cinco períodos listados e explicados a seguir:

- **1º Período – Plano de embelezamento e melhoramento (1875 a 1930):** o planejamento urbano se detinha em resoluções pontuais através da implementação de infraestrutura, alargamento de vias e acessos, obras de saneamento e ajardinamento. Não era acessível para todos, privilegiando os de melhor condição financeira;
- **2º Período - Plano de conjunto (1930 a 1965):** as intervenções eram pensadas para todo o território. Baseava-se em articular os bairros com o centro por meio de uma ampla rede de transportes, não considerando apenas a contribuição estética para a paisagem, mas também o funcionamento eficaz das cidades;
- **3º Período - Plano de desenvolvimento integrado (1965 a 1971):** eram propostos “superplanos” a partir de um âmbito mais completo, incorporando outros aspectos além de diretrizes físicas e territoriais. No entanto, muitas propostas se tornaram complexas, a ponto de se distanciarem de sua implementação;
- **4º Período - Plano sem mapas (1971 a 1992):** devido à dificuldade de implementação dos “superplanos” surgiram propostas que aboliram e evitaram complexos diagnósticos e até mapas específicos das propostas. Houve uma condensação dos objetivos, trazendo diretrizes mais genéricas;
- **5º Período - Estatuto da Cidade (1992 a 2001):** caracteriza-se pela criação do Estatuto da Cidade, havendo uma reformulação da ideia de cidade.

O Estatuto da Cidade, lei federal nº 10.257/2001, é um documento amplo, que se preocupa com princípios de usos e ocupação do solo, proteção, preservação e utilização sustentável do meio ambiente natural e construído, além da garantia do direito à terra urbana, moradia, trabalho e lazer. Define que cada município deverá elaborar seu Plano Diretor para que seja um instrumento de gestão, democratizando o gerenciamento territorial das cidades brasileiras. (SCOPEL *et al.*, 2018).

Em seu art. 2º, inciso I, o Estatuto da Cidade assegura o direito às cidades sustentáveis, definindo-o como o “direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 2001).

Por sua vez, o Plano Diretor é uma política pública que trabalha sob diversos aspectos. Do ponto de vista físico, trata do ordenamento do espaço municipal. Com relação ao aspecto social, está diretamente ligado à busca pela melhoria da qualidade de vida das cidades, tendo em vista o planejamento e o incentivo da criação de espaços salubres e habitáveis. No aspecto administrativo, se refere à atuação do poder público. (SCOPEL *et al.*, 2018).

Diante do exposto, percebe-se que o planejamento urbano evoluiu de acordo com o desenvolvimento das cidades, o aumento da produção e as necessidades da população. Iniciando com o simples “desenho urbano”, atualmente engloba múltiplos aspectos da sociedade, inclusive a questão da prevenção aos desastres naturais, como será discutido no item a seguir com relação às inundações (cheias, enchentes e alagamentos).

2.3.1 Importância do planejamento urbano para prevenção de inundações

Entende-se por Defesa Civil o “conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas destinadas a evitar desastres e minimizar seus impactos para a população e restabelecer a normalidade social”. (BRASIL, 2010). Para a Secretaria Nacional de Defesa Civil (SNDC), no tocante ao combate às alterações climáticas e seus impactos, há uma importante interação entre desenvolvimento sustentável, redução de desastres, proteção ambiental e bem-estar social. (MI, 2007).

O objetivo da Defesa Civil é a redução de desastres, obtida pela diminuição da ocorrência e da intensidade deles. As ações de redução abrangem: prevenção de

desastres, preparação para emergências e desastres, resposta aos desastres e reconstrução. Como prevenção, realiza-se identificação, mapeamento e monitoramento de riscos, ameaças e vulnerabilidades locais, incluindo a capacitação da sociedade em atividades de defesa civil, entre outras ações estabelecidas pelo Ministério da Integração Nacional. (BRASIL, 2010).

Para o IBGE (2017a, p. 84), “as áreas de ocorrências dos eventos são particularmente importantes, pois estão associadas ao planejamento urbano, às condições de moradia, à existência ou não de planos de gestão de risco, etc.”. Inclusive, a Política Nacional de Defesa Civil tem como diretriz nº 4: “promover a ordenação do espaço urbano, objetivando diminuir a ocupação desordenada de áreas de riscos de desastres, com a finalidade de reduzir as vulnerabilidades das áreas urbanas aos escorregamentos, alagamentos e outros desastres.” (MI, 2007).

Segundo a MUNIC 2017, em 2016, 3,7% dos 5.570 municípios brasileiros dispunham de lei específica que contemplasse a prevenção de inundações, sendo mais presentes o Plano Diretor (25,3%) e a Lei de Uso e Ocupação do Solo (23,1%). Esse número é bastante inferior aos dos municípios que declaram ser atingidos por alagamentos (31%) e enchentes graduais e bruscas (27,2% e 28,5%, respectivamente). (IBGE, 2017a). Isso demonstra a necessidade de um planejamento urbano capaz de contribuir para prevenção de desastres causados pelas chuvas.

2.4 SISTEMAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico, define, em seu Art. 3º, os serviços públicos de manejo das águas pluviais urbanas como:

“[...]aqueles constituídos por 1 (uma) ou mais das seguintes atividades:
I - drenagem urbana;
II - transporte de águas pluviais urbanas;
III - detenção ou retenção de águas pluviais urbanas para amortecimento de vazões de cheias; e
IV - tratamento e disposição final de águas pluviais urbanas. “
(BRASIL, 2020).

O sistema de manejo de águas pluviais, atualmente, é composto por estruturas e instalações nas vias urbanas destinadas ao escoamento das águas das chuvas, tais

como: sarjetas, bueiros, galerias, dentre outras, de modo a reaproveitar e redirecionar o fluxo para tratamento e disposição final. (UFF, 2020). Contudo, nem sempre foi assim. Desde que começou a ser implantado, sofreu diversas alterações. Tucci (2008) divide a história das águas urbanas em quatro fases: pré-higienista, higienista, corretiva e desenvolvimento sustentável (Tabela 2).

Tabela 2 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas.

Fase	Características	Consequências
Pré-higienista: até início do século XX	Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
Higienista: antes da década de 1970	Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento.	Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações.
Corretiva: entre as décadas de 1970 e 1990	Tratamento de esgoto doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.	Recuperação dos rios, restando a poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental.
Desenvolvimento sustentável: depois da década de 1990	Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

Fonte: (TUCCI, 2008).

Através da Tabela 2, percebe-se que o desenvolvimento do manejo das águas urbanas, semelhante à evolução do planejamento urbano, foi se adaptando às necessidades da população em cada época. Surgiu de modo simples e pontual, na fase Pré-higienista, não evitando problemas graves como as epidemias e inundações. Na fase seguinte, a Higienista, o foco foi a redução das doenças, mas consequências como as inundações e a poluição das águas persistiram.

Durante a fase Corretiva, o esgoto começou a ser tratado, recuperando os rios, mas deixando, ainda, vestígios de impacto ambiental. Na última fase, de Desenvolvimento Sustentável, assim como no planejamento urbano, introduziu-se um pensamento mais alinhado com o conceito de sustentabilidade, de modo a incutir consequências positivas nos diversos aspectos, além do ambiental, como a melhoria da qualidade de vida da população e a prevenção de desastres.

Vale ressaltar que, embora sejam divididas cronologicamente, as fases passadas podem ocorrer atualmente. Na verdade, em países em desenvolvimento,

como o Brasil, todas as etapas podem ocorrer simultaneamente. O importante é que, a partir da década de 90, surge essa nova visão voltada para o desenvolvimento sustentável e para a integração das obras de drenagem ao planejamento das cidades. (PEREIRA, 2017).

Com relação às tecnologias e metodologias adotadas, os sistemas de manejo de águas pluviais podem ser do tipo tradicional, sustentável ou envolver técnicas compensatórias, conceitos definidos na Figura 5. Algumas das técnicas compensatórias fazem parte das soluções aplicadas nas cidades-esponja e serão melhor comentadas no item 4.2.

SISTEMAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

TRADICIONAL

Baseado no modelo Higienista, resolve os problemas pontualmente, considerando apenas os aspectos hidráulicos e hidrológicos das bacias. Pode ser dividido em dois grupos de estruturas distintas: microdrenagem e macrodrenagem. (PEREIRA, 2017).

SUSTENTÁVEL

Voltado para não ampliação das cheias naturais e priorização dos mecanismos naturais de escoamento. Envolve, também, o avanço na administração por parte dos órgãos municipais nos processos que visem a melhoria da drenagem urbana. (TUCCI, 2005).

TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS

Podem servir como elementos associativos dos sistemas convencionais através de estruturas, obras, dispositivos ou da utilização de conceitos inovadores. Têm por objetivo compensar os efeitos gerados pela urbanização sobre o ciclo hidrológico, de forma a garantir que as características de escoamento da bacia se aproximem ao máximo dos padrões naturais. Classificam-se em técnicas compensatórias aplicadas na fonte e localizadas. (PEREIRA, 2017).

MICRODRENAGEM

As águas captadas são levadas aos corpos d'água próximos ou condutos de macrodrenagem. Composto por meios-fios, sarjeta, bocas de lobo, tubulações de ligação, galerias e poços de visitas. Em geral, atua a nível de loteamento ou de rede primária urbana. (ReCESA, 2007).

MACRODRENAGEM

Destina-se ao deslocamento final das águas captadas pela drenagem primária. É constituída por um conjunto de canais que, em geral corresponde à rede natural de canais, como córregos, riachos e rios. (ReCESA, 2007).

NA FONTE

Compostas por dispositivos de pequenas dimensões e localizados próximos aos locais onde os escoamentos são gerados. Devem ser vistas como complementares às soluções localizadas. Consistem em reservatórios de retenção em lote, valas de infiltração, trincheiras de infiltração, telhado verde, pavimentos permeáveis. (ReCESA, 2007; PEREIRA, 2017).

LOCALIZADAS

Têm por objetivo o amortecimento do volume gerado, garantindo que a vazão máxima acrescida pelas canalizações e impermeabilização dos terrenos seja efetivamente limitada, mitigando assim a propagação dos impactos na bacia. Consistem em reservatórios de retenção e bacias de retenção. (TUCCI, 2005; PEREIRA, 2017).

Figura 5 - Sistemas de manejo de águas pluviais.
Fonte: Elaborado pela autora.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho, adotou-se o método de pesquisa hipotético-dedutivo, “que se inicia pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos, acerca da qual formula hipóteses e, pelo processo de influência dedutiva, testa a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela hipótese” (MAZUCATO, 2018). A lacuna identificada consiste na inadequação do sistema de drenagem urbana frente os problemas causados pelos eventos chuvosos na cidade de João Pessoa, localizada na Paraíba, estado do nordeste brasileiro.

Como alternativa a esses problemas, manifestou-se a possibilidade da transição de João Pessoa para uma cidade-esponja, diante da observação do emprego de soluções relacionadas a esse novo conceito de cidade em diversas locais no mundo. Alguns desafios e oportunidades, porém, precisariam ser levantados ante um futuro plano de implantação, de modo a ser o mais eficiente e adequado.

Hipoteticamente, os desafios estariam relacionados à falta de recursos financeiros, empasses na gestão pública e aspectos físicos da cidade. Com relação às oportunidades, cogitou-se na existência de locais apropriados para a implantação de medidas abordadas pelas cidades-esponja e a existência de estudos locais voltados para sustentabilidade e reutilização da água da chuva.

Para averiguar tais proposições, decidiu-se realizar um estudo de caso em João Pessoa, através de uma pesquisa aplicada, quali-quantitativa, exploratória e bibliográfica. O estudo de caso procura responder como e por quais motivos certos fenômenos ocorrem e realiza a análise dos dados simultaneamente à sua coleta. (CRUZ, 2020). Os dados foram coletados através de um levantamento bibliográfico realizado entre julho e novembro de 2020.

Quanto à natureza, este trabalho consiste em uma pesquisa aplicada porque objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, é quali-quantitativa, pois, em parte, não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas, mas também serão utilizados dados numéricos e estatísticos para obtenção dos resultados. (PRODANOV; FREITAS, 2013). Para Figueiredo (2008), este tipo de pesquisa permite que cada abordagem ofereça o que tem de melhor, evitando suas limitações particulares.

Quanto aos objetivos, consiste em uma pesquisa exploratória, buscando estabelecer informações preliminares sobre o assunto estudado, envolvendo a pesquisa bibliográfica e a análise de exemplos que estimulem a compreensão. Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica porque procura explicar e discutir o tema com base em material já publicado, como livros, revistas, periódicos, enciclopédias, dicionários, *sites* e anais de congressos. (FIGUEIREDO, 2008; PRODANOV; FREITAS, 2013).

Após a definição do tema, os procedimentos adotados para a pesquisa bibliográfica e para o estudo de caso seguiram o recomendado por Mazucato (2018):

- a) **Levantamento bibliográfico preliminar:** buscou-se fontes primárias sobre o assunto, a fim de gerar uma maior habituação sobre os conceitos, teorias e noções que englobam a área de estudo;
- b) **Levantamento bibliográfico secundário:** buscou-se fontes secundárias após o contato com as levantadas inicialmente. Foram considerados os déficits desse primeiro material procurando por novos subsídios teóricos-conceituais;
- c) **Busca das fontes:** as principais fontes consultadas foram bibliotecas virtuais, *sites* e plataformas de busca, portais de pesquisa (CNPq, *Scielo*, Capes, etc.), periódicos, índices com monografias e instituições públicas, atentando-se para a veracidade das informações e qualidade das fontes;
- d) **Leitura do material:** para não desconfigurar as informações presentes nas fontes consultadas, não foram moldadas na forma de perspectivas individuais, tornando a escrita impessoal e científica;
- e) **Redação do texto:** a organização do material levantado e lido foi realizada através de fichamentos contendo a transcrição e a referência de cada fonte. A coesão, coerência, validação das informações, argumentação, unidade e gramática foram aspectos considerados durante a escrita.

Assim, a revisão bibliográfica serviu para compreender melhor o conceito de cidade-esponja, sendo coletadas informações acerca das cidades onde esse conceito está sendo implantado. Sobre João Pessoa, foram coletadas informações físicas, demográficas e sobre o sistema de drenagem adotado. Desse modo, foi possível identificar os principais desafios e oportunidades de uma futura transição para cidade-esponja.

4 CONCEITO DE CIDADE-ESPONJA

O conceito de cidade-esponja surgiu em Pequim, em 2012, após graves inundações. Em 2014, a China iniciou o “Programa Cidade-esponja” (PCE) ou *Sponge City Program (SCP)*, implantado em 30 cidades para mitigar problemas relacionados à gestão de águas pluviais. A ideia era criar áreas que absorvessem grandes quantidades de água e retivessem-na até que pudesse ser lentamente devolvida ao meio ambiente. (NGUYEN *et al.*, 2019; FOGEIRO, 2019). No entanto, durante o projeto, foi desenvolvida uma mentalidade de que o desenvolvimento deveria ter uma abordagem mais holística e sustentável. (ROXBURGH, 2017).

Para melhor compreensão, foram selecionadas as principais considerações sobre o conceito de cidade-esponja encontradas durante o levantamento bibliográfico. Na Tabela 3, essas definições foram organizadas de acordo com a autoria, de modo a facilitar a compreensão do conceito.

Em uma matéria do mundialmente conhecido jornal, *The Guardian*, Helen Roxburgh (2017) afirma que o conceito de cidade-esponja se concentra na infraestrutura verde voltada para reverter o problema das superfícies impermeáveis nas cidades. Corrobora com as considerações de Wu (2015 *apud* NGUEYEN, 2019) e de Nguyen *et al.* (2019), que abordam explicitamente a utilização da infraestrutura verde nas cidades-esponja. Porém, diferentemente de Helen, ampliam o conceito para além do aumento da absorção da água pelo solo, incluindo seu tratamento e armazenamento e a gestão dos recursos hídricos urbanos de um modo geral.

Yang (2016), Housley (2019), Fogueiro (2019) e Caldas (2020) deixam claro em suas considerações que, para serem cidades-esponja, as cidades precisam incluir esse conceito em seu planejamento, não apenas em aplicações localizadas. Housley (2019) e Caldas (2020) focam na questão da cidade estar projetada para melhor absorver as águas urbanas, apesar do primeiro ressaltar que isso também contribui para evitar secas. Já Yang (2016) e Fogueiro (2019), acrescentam a reutilização e o tratamento da água.

Tabela 3 - Considerações sobre o conceito de cidade-esponja.

Considerações	Referência
O objetivo da cidade-esponja é absorver, armazenar, tratar a água da chuva e fornecer água armazenada para o público quando necessário por meio de aplicações de infraestrutura verde, por exemplo, telhado verde, jardim de chuva ou biodetecção.	(WU, 2015 <i>apud</i> NGUYEN <i>et al.</i> , 2019, p. 151)
"Conclui-se que cidade-esponja tem quatro princípios principais, sendo eles: recursos hídricos urbanos, gestão ecológica da água, infraestruturas verdes e pavimentação urbana permeável."	(NGUYEN <i>et al.</i> , 2019, p. 147)
"Neste relatório, cidade-esponja está enquadrada em dois pontos: em primeiro lugar, trata-se de um processo que torna as preocupações naturais e ecológicas na infraestrutura de águas pluviais, usando uma variedade de meios de infiltração, armazenamento, detenção, filtro, reutilização e descarga. Em segundo lugar, cidade-esponja, vista como uma solução multifuncional e intersetorial para o gerenciamento de águas pluviais, trata de coordenação e integração. Isso leva a uma relação mais estreita entre a gestão da água e o planejamento urbano."	(YANG, 2016, p.5).
"O rápido desenvolvimento de concreto na China frequentemente bloqueia o fluxo natural de água com superfícies duras e impermeáveis; para reverter isso, o conceito de cidade esponja se concentra em infraestrutura verde, como áreas úmidas, plantas nos telhados e jardins tropicais."	(ROXBURGH, 2017)
"As cidades de esponja são, como o nome sugere, projetadas para absorver o máximo de água possível. Essas áreas são projetadas, ou em muitos casos redesenhadas, para usar uma combinação de túneis de armazenamento, calçadas permeáveis, jardins de chuva, lagoas construídas e pântanos para armazenar o máximo de água possível. Esses recursos não só servem como armazenamento para evitar inundações, mas também para servir como fonte de água para reutilização em épocas de seca. "	(HOUSLEY, 2019)
"CEs [cidades-esponja] é um conceito para espaços capazes de integrar a gestão da água urbana em políticas e projetos de planejamento urbano. Deve ter o planejamento adequado e as estruturas para implementar, manter e adaptar os sistemas de infraestrutura para recolher, armazenar e tratar a água da chuva em excesso."	(FOGEIRO, 2019, p. 3-4)
"Um desses modelos são as chamadas cidades-esponja que podem ser entendidas como aquelas que possuem um desenho que prioriza a infiltração das águas urbanas em vez de seu escoamento."	(CALDAS, 2020)

Fonte: Elaborado pela autora.

Os principais termos e palavras utilizados por esses autores em suas considerações foram inseridos em uma ferramenta de análise gráfica de frequência de palavras. O resultado é uma nuvem de palavras, exibida na Figura 6. Quanto maior o tamanho da palavra, mais ela foi utilizada nos textos.

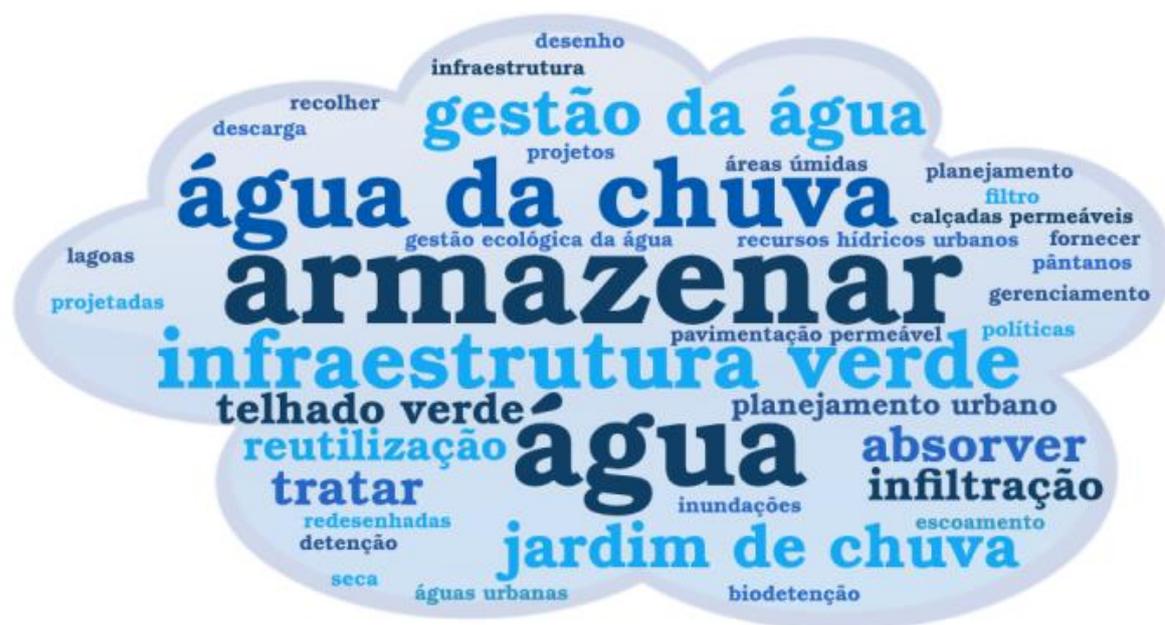


Figura 6 - Nuvem de palavras relacionadas ao conceito de cidade-esponja.

Fonte: Elaborado pela autora.

Da análise da nuvem de palavras, conclui-se que o conceito de cidade-esponja está diretamente atrelado a essas palavras, principalmente às que foram mais citadas: “armazenar”, “água”, “água da chuva”, “infraestrutura verde”, “gestão da água”, “jardim de chuva”, “absorver”, “tratar”, “telhado verde”, “infiltração”, “reutilização” e “planejamento urbano”. As demais foram citadas apenas uma vez, porém, a maioria está relacionada a uma outra palavra de maior frequência, como “pântanos” e “biodetecção” com relação à “infraestrutura verde” ou “inundações” com “água da chuva”.

Alguns autores, mencionam que o projeto e a implementação de uma cidade-esponja devem estar de acordo com estratégias *LID (Low Impact Development)*. Apresentadas e aplicadas pela primeira vez durante a década de 1990 nos EUA, foram propostas para mitigar os impactos negativos da urbanização (ou seja, aumento na superfície impermeável) que conduzem a mais escoamento urbano. (ULKU *et al.*, 2018).

Incluem medidas estruturais e não-estruturais. As estruturais correspondem aos dispositivos de bio-retenção, lagoas, telhados verdes, entre outros. As não-estruturais consistem em medidas como layouts alternativos de estradas e edifícios, redução da fonte de contaminantes e educação sobre comportamentos alternativos. (ULKU *et al.*, 2018). Conceitos semelhantes, mostrados na Figura 7, foram propostos

no Reino Unido, Austrália e outros países desenvolvidos que também sofrem com os impactos negativos da urbanização. (LI *et al.*, 2017).

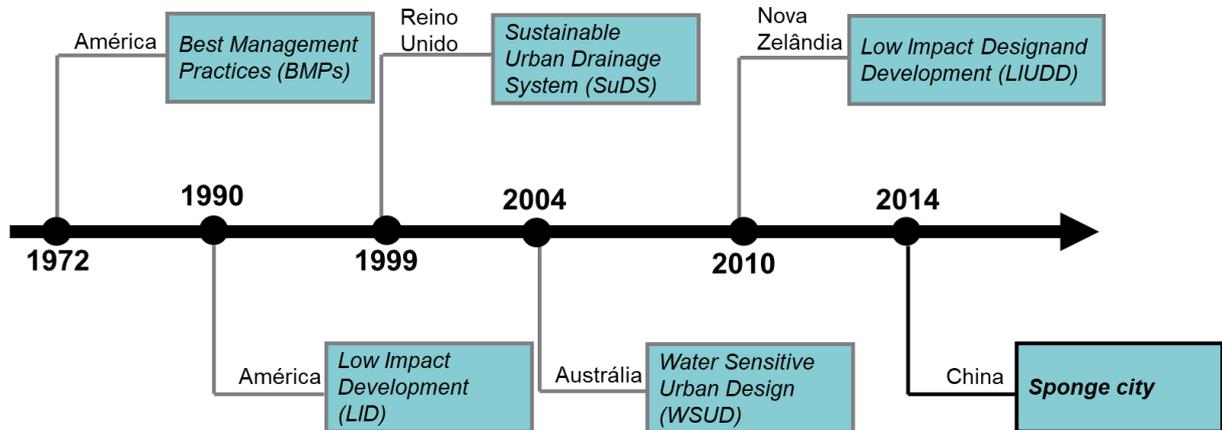


Figura 7 - Linha do tempo do desenvolvimento do LID a nível internacional.

Fonte: Adaptado de Ulku *et al.* (2018).

Segundo Ulku *et al.*, (2018), todos esses conceitos tentam alcançar a gestão de águas pluviais através do uso de medidas LID para lidar com o excesso de chuvas. Os autores destacam, porém, que a diferença das estratégias LID para as cidades-esponja é que aquelas enfatizam o controle local de águas pluviais, enquanto nestas busca-se cidades inteiras sensíveis à água, capazes de absorver e reter água da chuva.

Apesar dessas iniciativas, vale ressaltar que, a ideia de que a permeabilização por si só é a chave para evitar alagamentos não é unanimidade. De acordo com Médice e Macedo (2020):

“O arquiteto e professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP) Milton Braga defende que a discussão deve privilegiar a preservação do verde nas grandes cidades, e não a permeabilização do solo. A vegetação é que ‘segura’ a água e dá tempo para que o solo consiga absorver todo o volume de chuva. ‘Tanto a vegetação rasteira, como gramados e arbustos, quanto as árvores contribuem [para evitar alagamentos]’, diz o arquiteto. ‘Muitas vezes, o solo já é naturalmente impermeável. O grave é a supressão dos elementos que ‘seguram’ a água.’” (MÉDICE; MACEDO, 2020).

Frente ao que foi exposto até então, percebe-se aspectos fundamentais no conceito de cidades-esponja. Primeiro, que não consistem apenas na aplicação de técnicas localizadas de drenagem urbana, mas na proposição de medidas através de um planejamento urbano que leve em consideração soluções sustentáveis como as

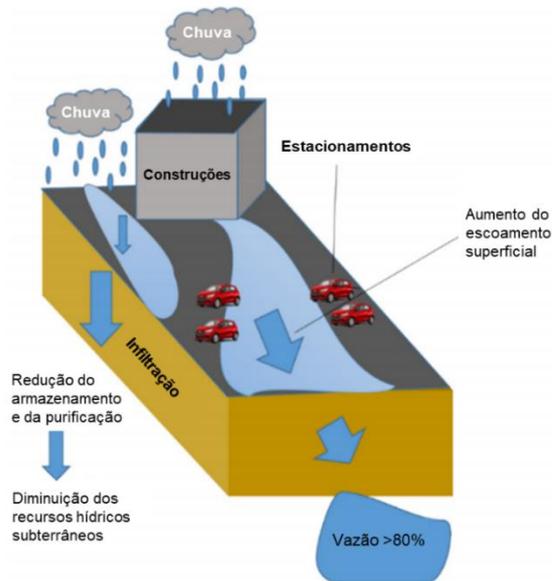
estratégias *LID*, técnicas compensatórias e a infraestrutura verde. Segundo, que não propõem a implantação dessas medidas simplesmente para reduzir o escoamento superficial e mitigar as inundações, mas, também, para melhorar a qualidade e o abastecimento da água urbana.

Assim, por meio do que foi possível identificar como aspectos principais nas considerações dos autores sobre a conceituação de cidade-esponja e do cruzamento de ideias após intensa pesquisa e leitura, chega-se ao conceito final. Uma cidade-esponja consiste, portanto, em uma cidade capaz de integrar a gestão da água urbana em projetos, planos ou políticas públicas de planejamento urbano sustentável por meio de técnicas compensatórias, estratégias *LID* e da infraestrutura verde, com foco na redução do escoamento superficial, na purificação, no armazenamento e na reutilização das águas urbanas.

4.1 BENEFÍCIOS DAS CIDADES-ESPONJA

Segundo Fogueiro (2019), os principais problemas abordados pelas cidades-esponja são escassez de água em áreas urbanas, despejo de águas poluídas em rios e mares, espaços cada vez mais impermeabilizados e aumento da intensidade e frequência das inundações urbanas. A Figura 8 destaca esses problemas, presentes em superfícies impermeáveis, e algumas das soluções propostas pelas cidades-esponja para mitigá-los.

Superfícies Impermeáveis



Superfícies Permeáveis

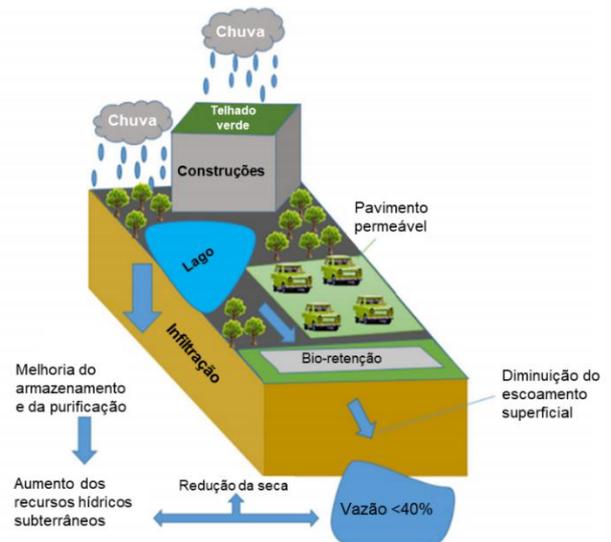


Figura 8 - Diferenças entre superfícies impermeáveis e superfícies permeáveis.

Fonte: Adaptado de Nguyen *et al.* (2019).

É notável a correlação entre a impermeabilidade do solo, causada pelas áreas construídas, e o aumento do escoamento superficial, com uma vazão maior do que 80% do volume de chuva. Percebe-se, também, a relação entre a redução da purificação e do armazenamento da água, devido à ausência de medidas de tratamento e retenção, e a diminuição dos recursos hídricos subterrâneos. Soluções como o telhado verde, reservatórios de retenção e tratamento, pavimento permeável e bio-retenção chegam a reduzir o escoamento superficial para 40% do volume de chuva, além de contribuir para redução da seca.

Nguyen *et al.* (2019) resumem os benefícios das cidades-esponja em micro e em macro escala (Tabela 4), dividindo-os em hidrológicos, relacionados à qualidade da água e bioecológicos. Na Tabela 5, os autores comparam as medidas de engenharia adotadas nas práticas dos sistemas tradicionais de manejo de água com a abordagem das cidades-esponja.

Tabela 4 - Vantagens das cidades-esponja em micro e macroescala.

	Benefícios hidrológicos	Benefícios para qualidade da água	Benefícios bioecológicos
Microescala	Aumento da infiltração de água e melhoria na recarga dos aquíferos; Diminuição do pico de escoamento e volume; Aumento da evapotranspiração.	Controle de qualidade da água.	Melhoria das condições do solo e do crescimento da vegetação.
Macroescala	Melhoria da recarga pela vazão e escoamento superficial; Melhoria da conectividade hidrológica; Proteção contra enchentes.	Desenvolvimento da qualidade da água.	Desenvolvimento do ambiente urbano; Conservação da biodiversidade; Redução da erosão.

Fonte: Adaptado de Nguyen *et al.* (2019).

Como benefícios, Fogueiro (2019) acrescenta:

- A mitigação do efeito ilha de calor, devido ao aumento do teor de umidade na atmosfera através da evapotranspiração;
- A redução dos custos de manutenção dos edifícios através da proteção da impermeabilização e redução dos custos energéticos pelo isolamento térmico que conferem;
- A valorização imobiliária, devido à proximidade a espaços verdes,
- A possibilidade de produção de alimentos locais frescos, através das coberturas verdes semi-intensivas ou intensivas, que criam espaço na cobertura para o cultivo de vegetais e
- O Isolamento acústico, visto que as coberturas verdes absorvem, refletem ou desviam as ondas sonoras através do substrato e vegetação.

Tabela 5 - Comparação entre o sistema tradicional de manejo de água e a abordagem das cidades-esponja.

N°	Objetivos	Sistema de manejo de água urbano tradicional	Cidade-esponja
1	Redução de desastres por enchente	Baseado em rios urbanos e fortes chuvas	Construção de proteção do ciclo hidrológico natural e resiliência urbana
2	Abastecimento de água	Da água superficial, como rios e sistemas de abastecimento de água	Águas pluviais reutilizadas para abastecimento de água não potável
3	Melhoria da qualidade da água	Dependente de sistemas de esgoto centralizados	Criação de sistemas descentralizados para reutilização de esgoto <i>in-situ</i>
4	Purificação da água	Não	Sim
5	Mitigação de secas	Pode ser possível caso haja armazenamento de água projetado no sistema	Sim
6	Redução dos efeitos de Ilhas de Calor	Não	Sim
7	Conservação da biodiversidade	Não	Sim
8	Paisagem urbana recreacional	Não	Sim

Fonte: Adaptado de Nguyen *et al.* (2019).

De fato, todos esses benefícios contribuem para uma melhor qualidade de vida da população e para a conservação ambiental. É surpreendente a quantidade de finalidades que as cidades-esponja conseguem abarcar, inclusive as que não estão diretamente relacionadas com o manejo da água, como a redução do efeito ilha de calor, a conservação da biodiversidade e a paisagem urbana recreativa. Além disso, ao mesmo tempo em que amplia as finalidades com relação ao sistema tradicional, consegue melhorar as finalidades já alcançadas a partir de propostas inovadoras, como a resiliência urbana e a descentralização do sistema de reuso de águas residuais.

4.2 SOLUÇÕES PROPOSTAS PELAS CIDADES-ESPONJA

Para o sucesso das cidades-esponja, Caldas (2020) afirma que é preciso pensar muito bem nas soluções tecnológicas a serem utilizadas. Para o autor, o primeiro ponto de partida é identificar as diferentes escalas em que as soluções podem

ser aplicadas, desde a escala das edificações, bairros, cidades até regiões metropolitanas.

Durante a revisão bibliográfica, as principais soluções propostas pelas cidades-esponja citadas foram: fachadas, muros e coberturas verdes, hortas urbanas, pavimentos permeáveis, jardins de chuva, alagados construídos, reservatórios de retenção e detenção, parques lineares e parques alagáveis, comentadas a seguir.

- **Fachadas, muros e coberturas verdes:**

São empregadas espécies vegetais integradas aos elementos das edificações (Figuras 9 a 11): vedações horizontais (coberturas) e verticais (fachadas, paredes, muros e brises). Podem melhorar a resistência acústica e da qualidade do ar do ambiente em que estão inseridos, além de trazer conforto psicológico criado pela sensação de biofilia e aumentar a eficiência energética das edificações. Têm como desvantagens o custo de instalação e manutenção e a necessidade frequente de manutenção. (CALDAS, 2020).



Figura 9 - Brise vegetal.
Fonte: (CALDAS, 2020).

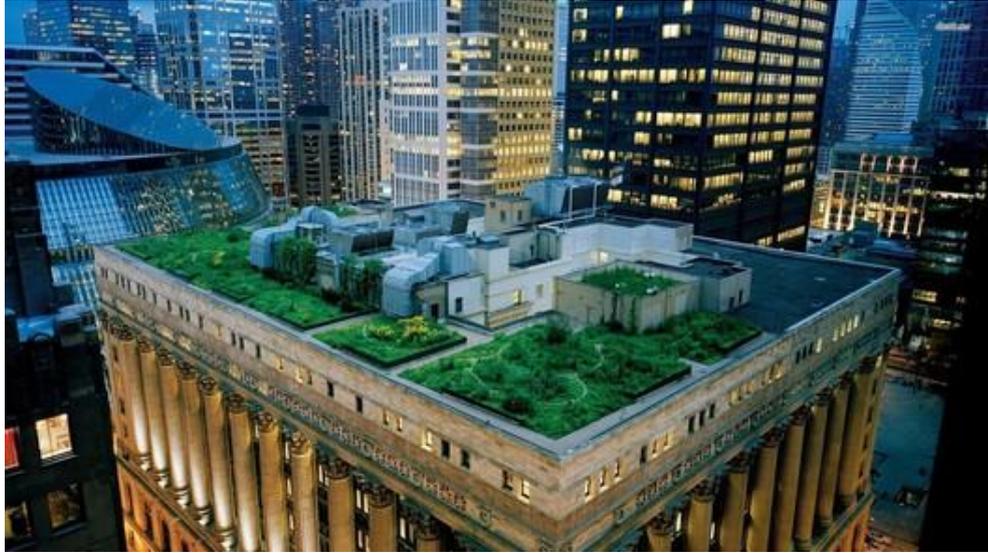


Figura 10 - Exemplo de cobertura verde.
Fonte: (CALDAS, 2020).



Figura 11 - Corredor verde na Avenida 3 de Maio na cidade de São Paulo.
Fonte: (CALDAS, 2020).

- **Hortas urbanas:**

Podem ser entendidas como uma forma de agricultura realizada dentro dos limites urbanos, podendo ser utilizados desde espaços privados, como quintais, ou espaços públicos, como praças e parques (Figura 12). É importante que os

instrumentos de planejamento urbano indiquem os locais e espécies mais adequadas, visto que os frutos podem dificultar a limpeza urbana ou até mesmo causar acidentes. Em bairros próximos a aeroportos, por exemplo, podem atrair pássaros e ocasionar problemas com aeronaves. Em termos de benefícios para cidade-esponja, têm um papel similar ao das coberturas verdes. Como vantagens adicionais podem ser citadas: maior suporte à segurança alimentar e possibilidade de produção de alimentos sem o uso de agrotóxicos. (CALDAS, 2020).

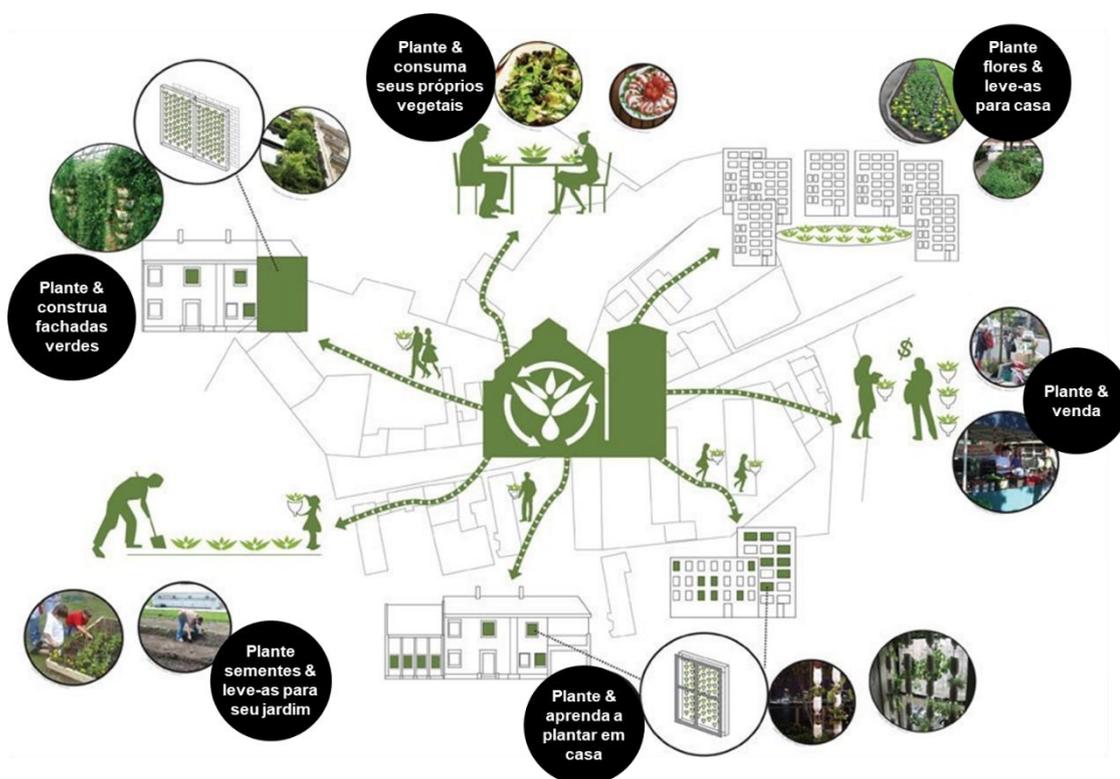


Figura 12 - Diferentes utilidades de uma horta urbana.

Fonte: (CALDAS, 2020).

- **Pavimentos drenantes ou permeáveis:**

Pisos, normalmente de concreto, que têm a capacidade de drenar a água devido sua permeabilidade, diminuindo o escoamento superficial (Figura 13). De acordo com a fabricação, podem possibilitar a drenagem em suas juntas ou através de seus poros, o que tende a ser mais eficiente. Empregados normalmente em calçadas, estacionamentos e espaços de lazer como parques. Como vantagens adicionais tem-se: recuperação da capacidade filtrante do solo, com potencial de realimentar o aquífero subterrâneo, e diminuição da necessidade de tanques de

retenção de água pluvial, já que haverá um aumento da área permeável da região. (CALDAS, 2020).

“Para o sucesso dessa tecnologia é preciso tomar alguns cuidados importantes, como: análise de dados de tráfego do local de implantação para a escolha da classe de resistência adequada do pavimento; avaliação das camadas do solo abaixo do pavimento, em que é necessário saber algumas propriedades básicas como o tipo de solo, a capacidade de suporte, o coeficiente de permeabilidade, etc.; e limpeza e manutenção dos pavimentos de acordo com as informações do fabricante para desobstrução dos poros, que se colmatam (entopem) ao longo do tempo.” (CALDAS, 2020).

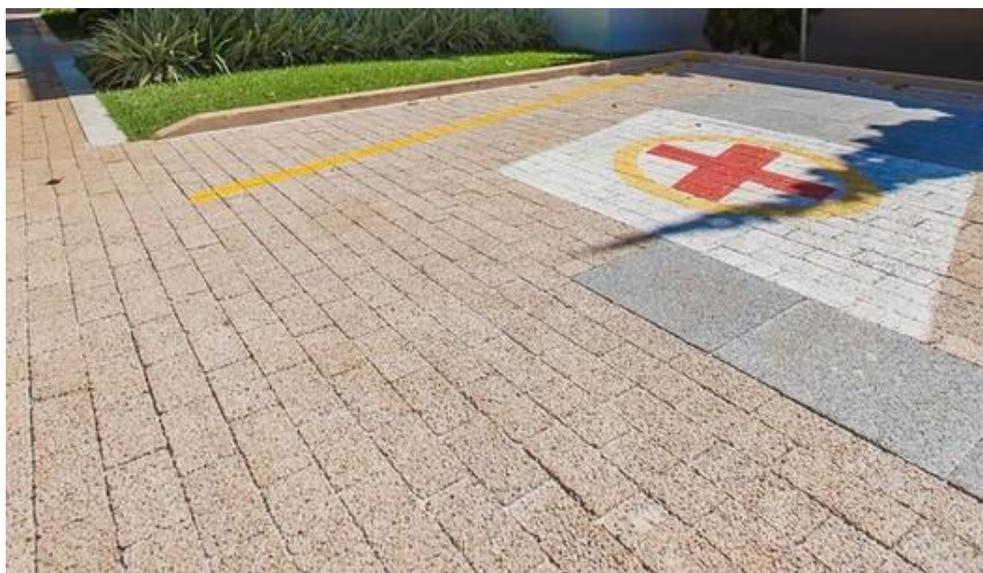


Figura 13 - Exemplo de pavimento de concreto intertravado drenante.

Fonte: (CALDAS, 2020).

- **Jardins de chuva:**

Jardins especificamente projetados para contribuir para a limpeza, infiltração e diminuição do escoamento da água de chuva (Figura 14). Quando a água escoar pelos elementos do jardim, (plantas, pedras, etc.) o solo e as raízes das plantas retêm partículas em suspensão e poluentes. Podem ser implantados próximos às calçadas e vias de tráfego, em canteiros centrais ou até mesmo dentro de lotes. Tem como vantagens adicionais: a irrigação natural de plantas e árvores, gerando economia de água e custos para os cidadãos ou gestão pública; o abastecimento do lençol freático; melhoria do microclima local devido ao aumento da umidade do ar pelo processo de evapotranspiração das plantas; diminuição das ilhas de calor; e melhorias estéticas e de conforto para o local de implantação. (CALDAS, 2020).

“Alguns cuidados devem ser considerados durante o projeto e construção dessa infraestrutura, como: evitar a construção em vias com tráfego intenso; locais com lençol freático muito elevado; em locais de grande declividade; com grande quantidade de tubulação e fiação enterrada; a escolha das espécies vegetais que deve ser compatível com o tipo de solo e condições climáticas da região (preferência por vegetação nativa); coeficiente de permeabilidade do solo; avaliar o tamanho da bacia de contribuição. Os jardins de chuva requerem manutenção e limpeza pois muito material é carregado durante as chuvas.” (CALDAS, 2020).



Figura 14 - Jardim de chuva no Centro Cultural Fundação Progresso na cidade do Rio de Janeiro.

Fonte: (CALDAS, 2020).

- **Alagados construídos:**

Consistem em espaços alagados com presença de plantas aquáticas (Figuras 15 e 16) que podem ser utilizados, de forma independente ou em conjunto com as técnicas convencionais, para o tratamento natural de efluentes (esgotos). O tratamento é realizado pelo ecossistema formado entre as raízes das plantas e a comunidade de microrganismos que se forma no corpo d'água. É indicado para lugares sem recursos, como comunidades carentes, ou espaços com grande área, como parques, zoológicos, etc. As principais vantagens são: baixo custo, aumento da biodiversidade local, melhoria do microclima. Tem como desvantagens principais a necessidade de grandes áreas e o odor gerado. A água resultante desse tratamento normalmente é utilizada para fins não potáveis, como por exemplo irrigação. (CALDAS, 2020).



Figura 15 - Ilhas artificiais que purificam cursos d'água nas Filipinas.
Fonte: (CALDAS, 2020).



Figura 16 - Parque dos Manguezais em Sanya, na China, um exemplo de parque alagável.
Fonte: (MÉDICE; MACEDO, 2020).

- **Reservatórios de retenção e detenção:**

Também chamados de bacias, podem ser de retenção ou detenção. O de retenção armazena a água, mas não a descarrega no sistema de drenagem da água recebida. Pode ser considerada um lago artificial e utilizada para recreação, irrigação e manutenção de vazão mínima. O de detenção têm a função de amortecer o pico de

vazão de saída a um valor menor que o de entrada, distribuindo o volume de água total descarregada ao longo do tempo, evitando escoamentos de grande impacto, mas esvaziando em poucos dias. É interessante que seja pensado em algum uso compatível da área quando seca, como por exemplo para fins recreacionais (exemplo: campos de futebol). Um problema desse tipo de solução é a acumulação de resíduos no fundo do reservatório, como pode ser observado na Figura 17. (CALDAS, 2020).



Figura 17 - Resíduos acumulados em um reservatório de retenção na cidade de Embu das Artes, no estado de São Paulo.
Fonte: (COSTA, 2020).

Em Roterdã, na Holanda, a quadra da praça Benthemplein (Figuras 18 e 19), enche em dias de chuva. O complexo, é composto por três bacias: duas subterrâneas e uma na quadra de esportes. As subterrâneas armazenam a água sempre que chove. A da quadra está abaixo do nível da rua, enchendo quando a chuva persiste. (MÉDICE E MACEDO, 2020).



Figura 18 - Quadra da praça Bentheplein, em Roterdã, na Holanda, em um dia sem chuva.
Fonte: (MÉDICE; MACEDO, 2020).



Figura 19 - Quadra na Praça Bentheplein, em Roterdã, na Holanda, com água.
Fonte: (MÉDICE; MACEDO, 2020).

- **Parques lineares:**

Parques em que uma dimensão é muito superior à outra, normalmente localizados no entorno de cursos d'água ou entre duas cidades ou regiões metropolitanas vizinhas (Figura 20). Do ponto de vista das cidades-esponja seu principal benefício está no controle de inundações e enxurradas e recuperação de corpos d'água degradados. Tem um papel importante como espaço de recreação e para o desenvolvimento de diversas atividades de cunho ecológico de educação ambiental e produção mais sustentável. (CALDAS, 2020).

“Para seu sucesso é essencial que seja implementado um plano de gestão, operação e manutenção do parque, com atenção especial para limpeza e segurança. A iluminação é um item crucial que está diretamente ligada à segurança e uso do parque pela população. Recomenda-se projetos de iluminação pública eficiente e de baixo custo de operação (por exemplo com uso de lâmpadas LED e painéis fotovoltaicos). A construção de infraestrutura de micromobilidade (bicicletas e patinetes) é também um item muito importante.” (CALDAS, 2020).



Figura 20 - Parque Linear Sétimo Céu em Passo Fundo, no estado do Rio Grande do Sul.
Fonte: (CALDAS, 2020).

4.3 DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA IMPLANTAÇÃO DE CIDADES-ESPONJA

Uma pesquisa realizada por Li *et al.* (2017) teve como objetivo identificar os desafios técnicos, físicos, regulatórios, financeiros, comunitários e institucionais encontrados para construção das trinta cidades-esponja pilotos na China. Os maiores problemas identificados envolviam incertezas e riscos, sendo propostas recomendações para resolver cada um deles.

Nguyen *et al.* (2019) realizaram um estudo semelhante e constatou que as incertezas no projeto e no planejamento e as insuficiências financeiras foram os problemas mais sérios, podendo causar o fracasso do conceito de cidade-esponja. No entanto, os autores destacam que, embora existam barreiras significativas, as oportunidades para implementar uma Cidade Esponja são evidentes e sugere a

aplicação de um mecanismo inteligente de tomada de decisão. Os desafios e perspectivas identificadas por Nguyen *et al.* (2019) encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Desafios e perspectivas para o desenvolvimento das cidades-esponja na China.

Nº	Tipo	Desafios	Esforços para desenvolvimento futuro
1	Técnicos e Físicos	Deficiência de padronização técnica e orientação para cada região e cada cidade; Falta de dados de performance (por exemplo, informações hidrológicas, dados de solo e clima para avaliação de viabilidade técnica antes da implementação do projeto); Falta de um modelo de simulação para o desenvolvimento de cidades-esponja; Materiais indisponíveis em produtos verdes como materiais de pavimentação para absorção de água e sistema de telhado verde; Falta de terras para o projeto de parques alagáveis e lagoas devido à urbanização e industrialização; Lixo ou falta de manutenção e monitoramento na construção de cidades-esponja; Falta de experts (arquitetos, urbanistas, engenheiros hidráulicos e ambientais, geólogos, agrônomos, etc.) para auxiliar na construção de cidades-esponja.	Melhorar as diretrizes e padrões locais para cada cidade; Fornecer dados de performance suficientes, estabelecendo um banco de dados nacional efetivo para determinar a aplicabilidade das cidades-esponja; Construir novos modelos de simulação de projeto para cidades-esponja antes de implementá-lo, sem uso de <i>softwares</i> de modelagem desatualizados; Desenvolver materiais adequados e produtos verdes para cada região; Criar políticas de uso do solo apropriadas para limitar alterações nas áreas residenciais e comerciais; Estabelecer um sistema adequado de manutenção e monitoramento; Aumentar o envolvimento e apoio de experts, oferecendo treinamento para equipes locais implementarem tecnologias de cidades-esponja.
2	Financeiros	Necessidade de financiamento substancial e custos de manutenção e operação desconhecidos; Dados insuficientes para avaliação da viabilidade econômica do ciclo de vida de uma cidade inteligente; Escassez de fontes de financiamento e incentivos efetivos do mercado; O alto valor dos terrenos para a construção de cidades-esponja; Comunidade não querer pagar ou investir muito de seus próprios recursos no projeto.	Estabelecer uma ferramenta de avaliação de viabilidade econômica para o planejamento de cidades-esponja; Levantar recursos financeiros de setores públicos e privados pelo fornecimento de benefícios ambientais e econômicos de projetos de cidades-esponja.
3	Legais e Regulatórios	Falta de entendimento e cooperação próxima entre agências envolvidas na implementação de cidades-esponja; Falta de integração entre políticas de uso do solo urbano e manejo de água urbana; Falta de mandato legislativo, responsabilidades fragmentadas, incapacidade institucional; Definição de objetivos ambiciosos sem os conhecimentos necessários.	Fortalecer a coordenação entre as agências; Aprimorar a integração entre o manejo da água e a consolidação de terras urbanas; Produzir objetivos claros e alcançáveis que sejam adequados para cada local; Aprimorar a estrutura da legislação local.
4	Consciência Pública e Aceitação	Falta de conhecimentos gerais acerca da importância das cidades-esponja e comunicação inefetiva; Resistência à mudança, engajamento limitado da comunidade e apoio pequeno ou nulo de setores público-privados.	Conduzir a educação formal e informal, além de cursos de treinamento, ao desenvolvimento da consciência e do engajamento social.

Fonte: Adaptado de Nguyen *et al.* (2019).

Uma outra informação importante levantada por Nguyen et al. (2019) são os dados requeridos para se projetar uma cidade-esponja (Figura 21). Essa informação torna-se muito útil para a propagação da construção de cidades-esponja em outros países, especialmente os inexperientes na área.

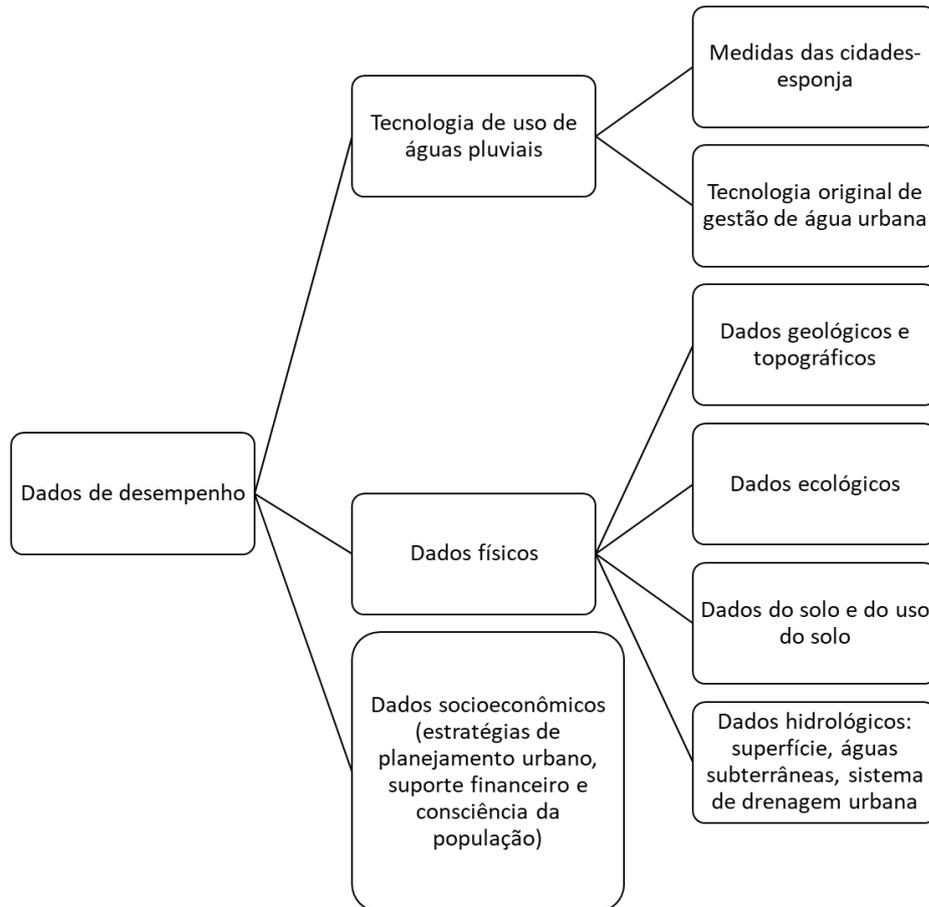


Figura 21 - Dados necessários para projetar uma cidade-esponja.

Fonte: Adaptado de Nguyen *et al.* (2019).

Os dados sugeridos para serem coletados referem-se às tecnologias de uso de águas pluviais, aspectos físicos e socioeconômicos (estratégias de gestão urbana, suporte financeiro e consciência da população). Com isso, as cidades e países que desejarem implantar o conceito de cidades-esponja já saberão por onde começar.

No contexto brasileiro, Caldas (2020), afirma que ainda existe um longo caminho e desafios para que um modelo de cidade-esponja se torne realidade. Destaca a necessidade de adequação da legislação e normatização, maior atenção dos governantes, maior integração entre os diferentes órgãos do governo

(infraestrutura, meio ambiente, saneamento, segurança, etc.) e encontrar meios adequados de financiamento. Para o autor:

“É crucial que esses tipos de soluções sejam incluídos e incentivados em instrumentos de planejamento urbano, como por exemplo o Código de Obras, Plano Diretor, Plano de Saneamento, Zoneamento Ecológico Econômico, entre outros. Quando se pensa em cidades resilientes e responsivas, frente aos impactos das mudanças climáticas, o papel de cidades-esponja será crucial para a qualidade de vida dos cidadãos e de todos os outros seres vivos que habitam as cidades.” (CALDAS, 2020).

5 EXEMPLOS BRASILEIROS E NO EXTERIOR

Os exemplos apresentados a seguir estão divididos por país (China, Alemanha, Estados Unidos, Dinamarca e Brasil). As cidades escolhidas foram consideradas, realmente, cidades-esponja, com base no conceito estabelecido no item 4. O critério principal para essa classificação foi a existência de um planejamento urbano voltado à implantação do conceito de cidade-esponja, através de políticas públicas, não apenas voltado à aplicação pontual de técnicas compensatórias, estratégias *LID* ou infraestrutura verde.

5.1 CHINA

O renomado arquiteto chinês, Kongjian Yu, é conhecido por ser “o arquiteto das cidades-esponja” (CALDAS, 2020). Para ele, chefe do escritório que fez alguns dos maiores projetos da área no país asiático, “a sabedoria ancestral de conviver com a água é a maior inspiração para o conceito de cidade-esponja”. (MÉDICE; MACEDO, 2020).

A meta inicial do Programa Cidade-esponja (PCE) era de que, em 2020, 20% da área construída de cada um dos distritos pilotos tivesse funções de cidade-esponja, ou seja, que pelo menos 70% do escoamento de águas pluviais da cidade fosse capturado, reutilizado ou absorvido pelo solo. A previsão é de que, em 2030, 80% de cada cidade deva atender a esse requisito. O governo central responsabilizou-se por fornecer cerca de um quinto do financiamento necessário, devendo o restante ser levantado por governos locais sem dinheiro e, muitas vezes, investidores privados pouco entusiasmados. (ROXBURGH, 2017).

Os resultados do programa chinês em algumas cidades da China podem ser observados da Figuras 22 a 26. A cidade de Lingshui, no extremo sul do país, é uma das que trocaram os tradicionais bueiros por estruturas conhecidas como *bioswales* (pequenos canais de infiltração natural, com vegetação nativa, que correm paralelamente a ruas, avenidas e calçadas). Em Taizhou, Jinhua e Qunli, muros de concreto que canalizavam rios foram demolidos e substituídos por parques alagáveis. (MÉDICE; MACEDO, 2020).



Figura 22 - Rio Yongning antes da construção de um parque alagável na cidade chinesa de Taizhou.

Fonte: (MÉDICE; MACEDO, 2020).



Figura 23 - Rio Yongning após construção do parque alagável.

Fonte: (MÉDICE; MACEDO, 2020).



Figura 24 - Parque alagável Yanweizhou, na cidade de Jinhua, na China.
Fonte: (MÉDICE; MACEDO, 2020).



Figura 25 - Concreto permeável usado na construção do Parque Yanweizhou, em Jinhua, na China.
Fonte: (MÉDICE; MACEDO, 2020).

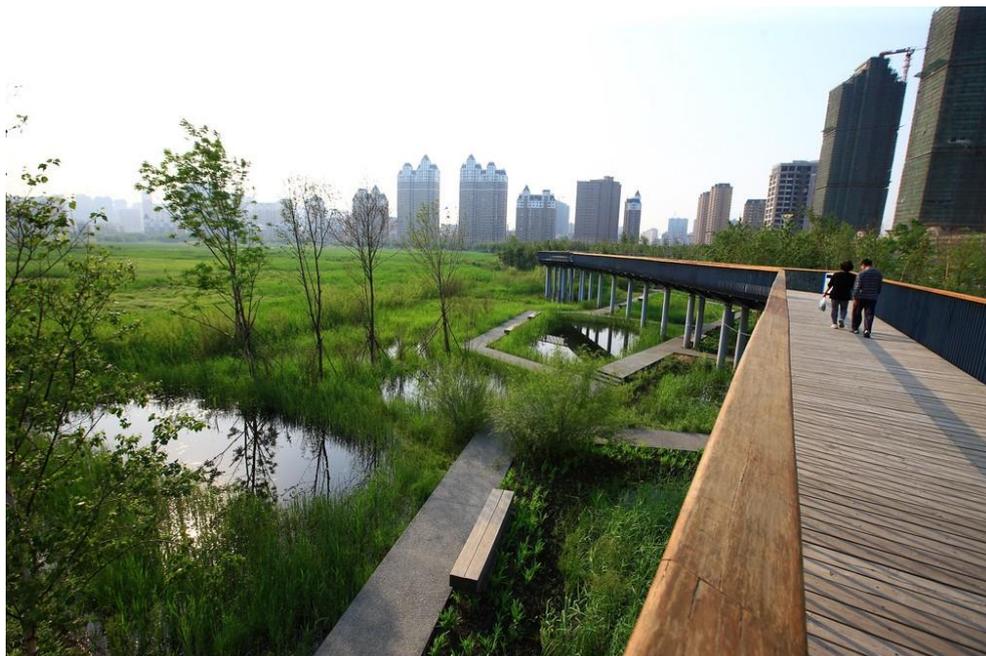


Figura 26 - Parque alagável de Qunli, na China, criado para reter, filtrar e devolver ao solo a água da chuva.

Fonte: (MÉDICE; MACEDO, 2020).

5.1.1 Wuhan

Wuhan foi escolhida como uma das cidades pilotos do *SCP* devido ao seu histórico de graves inundações. Nas últimas décadas, esses eventos têm ocorrido a cada três anos. A inundação mais marcante foi a Inundação do rio Yangtze, em 1954, afetando uma parte significativa da cidade. Wuhan tem sido progressista na gestão de águas pluviais mesmo antes da existência do *SCP*. O *Garden Expo Park* (Figura 27), em Wuhan, é um exemplo de projeto bem-sucedido implementado antes do *SCP*. (ULKU *et al.*, 2018). Através dele, cerca de 70% da água da chuva é coletada, retida e posteriormente reutilizada para irrigar o parque (DAI *et al.*, 2018).



Figura 27 - Garden Expo Park, parque alagável em Wuhan.

Fonte: http://en.hubei.gov.cn/news/newslst/201504/t20150422_644254.shtml.

Outro exemplo na cidade é o Parque Xinyuexie (Figura 28). No projeto, o parque é transformado de uma vala de drenagem suja em um belo espaço verde cheio de jardins de chuva, calçadas permeáveis e tanques de armazenamento para águas pluviais que serão reutilizadas em toda a cidade. (HOUSLEY, 2019).



Figura 28 - Render do Parque Xinyuexie em Wuhan.

Fonte: (JING, 2019).

5.2 ALEMANHA

A Alemanha sente os impactos das mudanças climáticas mais do que comumente se pensa. Além de possuir áreas na Alemanha Oriental que sofrem com escassez de água, as inundações dos rios Reno e Mosel são uma ameaça constante, devido ao derretimento das geleiras nos Alpes. (GTAI; FTC, 2019).

O Programa de Inovação Ambiental da Alemanha promove, em nível federal, a inovação em tecnologia de águas residuais, oferecendo subsídios de até 30% do custo de projetos-piloto. Além disso, dois projetos contribuíram para o desenvolvimento das questões ambientais. (GTAI; FTC, 2019).

O projeto *netWORKS* 3, que durou de 2013 a 2016 e foi financiado pelo Ministério Federal de Educação e Pesquisa da Alemanha, ofereceu orientação para municípios e empresas de água em Frankfurt e Hamburgo. O *netWORKS* 4, ativo de 2016 a 2019, visou economizar recursos e mitigar os efeitos das mudanças climáticas com foco inicial em duas cidades: Berlim e Norderstedt. (GTAI; FTC, 2019; gGmbH, 2017; MATZINGER; ROUAULT, 2017).

5.2.1 Berlim

No verão de 2017, Berlim foi atingida por uma forte chuva que provocou grandes inundações, alertando a todos. Logo após, a Câmara Municipal decidiu que todas as novas construções deviam implicar numa gestão local de águas pluviais ao estilo do conceito de “cidade-esponja”. (ANDRÉ, 2017).

O plano visava a implantação de telhados verdes em novos edifícios, bem como a reforma dos antigos, além do estabelecimento de áreas úmidas urbanas (estacionamentos, por exemplo) que podem absorver e armazenar água durante chuvas fortes. (GTAI; FTC, 2019). Como mostram as Figuras 29 e 30, em Rummelsburg, um bairro na parte ocidental da cidade, os telhados foram revestidos de verde e as ruas preenchidas com árvores e vegetação; foram ainda criados corredores úmidos no subsolo. (ANDRÉ, 2017).



Figura 29 - Telhados verdes no bairro de Rummelsburg em Berlim.
Fonte: (BLOOMBERG QUICKTAKE, 2017).



Figura 30 - Edifício com telhado verde no bairro de Rummelsburg em Berlim.
Fonte: (BLOOMBERG QUICKTAKE, 2017).

5.2.2 Frankfurt

Em 2015, Frankfurt foi considerada a cidade mais sustentável do mundo. Aproximadamente metade de sua área era verde e 52% dela foi reservada para recreação e para compensar as mudanças climáticas, segundo o Departamento de Meio Ambiente. É composta por parques, bosques, campos agrícolas, prados de pomares, pastagens, hortas e jardins, cemitérios, bermas de relva à beira da estrada e cursos de água. (CROSSBOW COMMUNICATIONS, c2016). Na cidade, a

implantação de telhados verdes também é incentivada, como é possível visualizar na Figura 31.



Figura 31 - Telhado verde implantado sobre prédio da Escola de Finanças e Administração de Frankfurt.

Fonte: (MÉDICE; MACEDO, 2020).

5.3 ESTADOS UNIDOS

5.3.1 Nova York

Nova York também é uma cidade que está sofrendo com as mudanças climáticas. Alguns fenômenos, como as chuvas torrenciais, que despejam uma enorme quantidade de água em um curto período, estão se tornando mais comuns. Em 2012, o furacão Sandy inundou 51 milhas quadradas da cidade, cerca de 17% de sua massa de terra total. (BARRON, 2018).

Segundo Barron (2018), em 2015, quando as autoridades de Nova York souberam que Copenhague havia desenvolvido um plano mestre para lidar com tempestades e escoamento superficial, as duas cidades formaram uma parceria. De acordo com o autor, em 2016, Nova York iniciou um estudo de tempestade no sudeste do Queens (Figura 32), onde a água da chuva escoava para a Baía da Jamaica.

Kaminker e Hohne-Sparboth (2018), informaram que “um plano de US \$ 10 bilhões construiria um sistema em forma de “U” de defesas contra inundações em torno de Manhattan, consistindo em barreiras, parques e uma extensão costeira de até dois quarteirões da cidade”.



Figura 32 - Moradora observando um *biowall* utilizado para coletar a água da chuva em Maspeth, Queens.
Fonte: (BARRON, 2018).

5.4 DINAMARCA

5.4.1 Copenhague

Após a tempestade de chuva de 2011 (Figura 33), que encharcou a cidade com quinze centímetros de chuva em duas horas, Copenhague deu início a 300 projetos para retirar a água da chuva de áreas povoadas e gerenciar melhor as inundações. As autoridades consideraram maneiras de tornar a cidade mais absorvente com mudanças de design, como plantar grama para substituir o asfalto ou reduzir parques infantis e quadras de basquete para que retenham a água em uma tempestade. (BARRON, 2018).



Figura 33 - Cidade de Copenhague após inundações em 2011.

Fonte: (BARRON, 2018).

Desde 2008, a ideia de construir tetos verdes em Copenhague existe como uma forma de gerenciar mais eficientemente as águas pluviais e residuais. A cidade focou, então, na solução dessa questão através do desenho urbano, incluindo em suas três estratégias – Sustentabilidade na Construção e Obras Civas, Plano Climático e Estratégia para a Biodiversidade – a construção de mais tetos verdes. (GAETE, 2014).

A partir de então, considera-se que coberturas dos novos edifícios (com inclinação menor ou igual a 30°) sejam cobertas por vegetação. Em 2010 a cidade contava com 40 tetos verdes que totalizavam 200 mil metros quadrados. Estima-se o aumento dessas áreas verdes em 5.000 metros quadrados por ano. Um projeto dos escritórios JDS Architects e KLAR, de 2010, por exemplo, transformou o bairro de Kalvebod Brygge (Figura 34) através de telhados verdes conectados a tanques que coletam a água da chuva para a irrigação do parque. (GAETE, 2014).



Figura 34 - Telhados verdes no bairro de Kalvebod Brygge, em Copenhague.
Fonte: (GAETE, 2014).

5.5 BRASIL

Antes mesmo de surgir o conceito de cidades-esponja na China, Porto Alegre e São Paulo já haviam elaborado seus planos diretores de drenagem. São planos que envolvem a utilização de técnicas compensatórias e adoção de medidas não-estruturais para toda a cidade. Um ponto fraco, no entanto, foi a pouca utilização da infraestrutura verde, notada mais na implantação de parques lineares.

5.5.1 Porto Alegre

Porto Alegre é a capital do estado brasileiro do Rio Grande do Sul. Sua população, de acordo com o censo de 2010, era de 1.409.252 habitantes. Com uma área de 495,390 km², possui uma urbanização de vias públicas de 69,4%. (IBGE, 2017c). Segundo Oneda (2019), desde 2005 a cidade conta com um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU).

Para sua elaboração, foi firmado um convênio durante os anos de 1999 e 2005, através do Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), entre a Prefeitura e o Instituto de Pesquisas Hidráulicas do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS) para avaliar seis das 27 bacias hidrográficas da cidade. A principal diretriz adotada foi a não transferência dos efeitos da urbanização para outros pontos, ou seja, a recuperação da infiltração natural e a retenção ou detenção das águas pluviais e, por isso, a principal solução adotada foram os reservatórios de detenção. (PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013). O plano teve como principais produtos:

“Regulamentação dos novos empreendimentos: que é feita através de um decreto municipal que estabelece critérios para o desenvolvimento da drenagem urbana para as novas obras na cidade. Esta regulamentação tem o objetivo de evitar impactos indesejáveis gerados por estes novos empreendimentos, como drenagem inadequada e impermeabilização excessiva dos lotes;

Plano de controle estrutural e não-estrutural: que estabelece alternativas de controle estrutural (por exemplo obras de macro e microdrenagem) e não-estrutural (educação ambiental, coleta de lixo, varrição das ruas, etc.) para controlar os impactos em cada bacia, reduzindo assim, o risco de inundação na mesma;

Manual de Drenagem Urbana: documento que orienta a implementação de projetos de drenagem na cidade.” (PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013, p. 4).

O investimento para a elaboração do PDDrU, incluindo as análises de todas as bacias hidrográficas, foi de R\$7.000.000,00 (este valor não abrangeu o custo das obras, apenas a elaboração do PDDrU), financiado pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Para as obras previstas pelo PDDrU, o DEP teve um investimento de R\$84.000.000,00, sendo 95% deste valor advindos de recursos do PAC e 5% de recursos municipais. (PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013).

Uma obra na Praça Celso Luft (Figuras 35 e 36) teve início em maio de 2009 e foi concluída em setembro de 2010. Consistiu em um reservatório de detenção fechado, em concreto, construído sob a área da praça, com volume de 6.000 m³.

Sobre a laje do reservatório, foram implantadas quadras de esportes. Além da redução de inundações, ao projetar o reservatório como quadras poliesportivas, a prefeitura proporcionou à população um lugar para o exercício de atividades físicas e integração social. (PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013).



Figura 35 - Construção de reservatório de detenção na Praça Celso Luft, Porto Alegre.
Fonte: (PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013).



Figura 36 - Quadra de esporte sob a qual está construído o reservatório.
Fonte: (PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013).

Outro exemplo é o da Av. Goethe. Localizada nos bairros de Rio Branco e Moinhos de Vento, com aproximadamente 930 m de extensão (GOOGLE, 2020), a avenida gerava transtornos para os moradores da cidade devido aos alagamentos. Com as intervenções realizadas após a implantação do PDDrU de Porto Alegre, a situação melhorou consideravelmente, como é possível observar nas Figuras 37 e 38.



Figura 37 - Avenida Goethe antes da implantação das ações do PDDrU em Porto Alegre.
Fonte: (PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013).



Figura 38 - Avenida Goethe depois da implantação das ações do PDDrU em Porto Alegre.
Fonte: (PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013).

5.5.2 São Paulo

Com uma população estimada de 12.325.232 de pessoas em 2020, São Paulo é a cidade mais populosa do Brasil. Ocupa uma área de 1.521,110 km² e, em 2010, a urbanização de suas vias públicas correspondia a 50,3%. (IBGE, 2017d). A cidade conta com um Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais (PMAP-SP). Com a perspectiva de médio e longo prazo, busca:

- Propor ações de redução dos riscos das inundações;
- Implantar um sistema de gestão sustentável do sistema de águas pluviais;
- Articular as ações de drenagem com o planejamento territorial e demais serviços de saneamento básico;
- Apresentar um conjunto de ações estruturais e não estruturais (como a educação ambiental) e de ações mitigadoras e potencializadoras para a melhoria dos serviços de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais em São Paulo. (BUCALEM, 2012).

Para tanto, o município ficou encarregado de realizar obras visando o amortecimento de cheias, como parques lineares para aumento da permeabilidade do solo, ampliação de canais e galerias, além da implementação de outros Planos Diretores como o de zoneamento e uso do solo. (RUFATO *et al.*, 2013).

O primeiro parque linear de São Paulo foi o Parque Tiquatira (Figura 39), localizado na zona leste da cidade e aberto para o público em 2007. Ocupa uma faixa de 3 quilômetros de extensão ao longo do córrego que dá nome ao parque e entre duas pistas de uma avenida que corta o bairro. Segundo a prefeitura de São Paulo, até 28 de junho de 2020, existiam 24 parques lineares na capital paulista. (SUMMIT MOBILIDADE URBANA, 2020).



Figura 39 – Parque Tiquatira, primeiro parque linear da cidade de São Paulo.
Fonte: (SUMMIT MOBILIDADE URBANA, 2020).

6 ESTUDO DE CASO: JOÃO PESSOA

João Pessoa é a capital do estado brasileiro da Paraíba. Possui uma população estimada para o ano de 2020 de 817.511 pessoas e está localizada na região litorânea (Figura 40). Ocupa uma área de, aproximadamente, 210 km², com taxa de urbanização das vias públicas de 78,4%. (IBGE, 2017b). A estação chuvosa na cidade acontece entre os meses de março e agosto, com precipitações acima de 150 mm/mês. (SILVA, 2017).

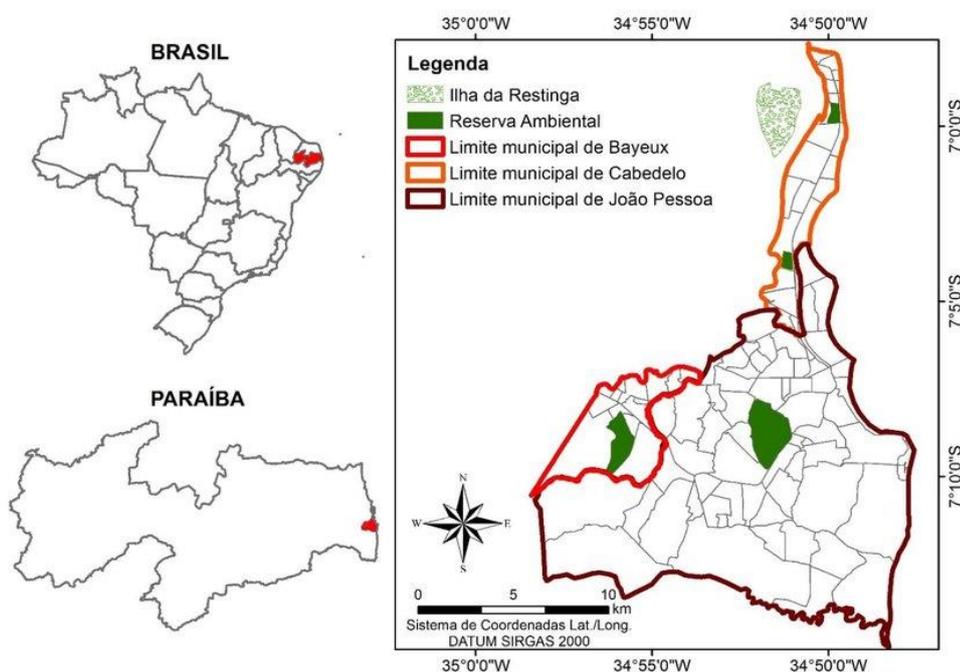


Figura 40 - Localização do município de João Pessoa.

Fonte: (ALMEIDA, 2020).

A Secretaria Municipal de Infraestrutura (Seinfra) de João Pessoa é o órgão responsável pelas obras de infraestrutura local, inclusive as de drenagem. Segundo a ICES BRASIL (2014), os principais problemas de drenagem de águas pluviais enfrentados na cidade eram os lançamentos indevidos de esgoto nas tubulações, edificações construídas no entorno dos principais corpos d'água e o carregamento de materiais de ruas não pavimentadas, lixo e entulho, obstruindo o sistema.

Isso gera uma série de consequências, inclusive desastres naturais, como as inundações e deslizamentos. Em João Pessoa, o órgão responsável, dentre outros, por levantar dados e mapear áreas suscetíveis a desastres naturais, além de agir de forma paliativa, é Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMPDEC/JP).

Silva (2018) verificou que, do total de 564 impactos hidrometeorológicos do tipo alagamento, inundação e deslizamento ocorridos na cidade no período de 1983 a 2016, 67,02% corresponde a alagamentos. Isso pode ser explicado, segundo a autora, pelo território estar assentado sobre baixos planaltos costeiros, pela intensa impermeabilização do solo e pela drenagem urbana ineficiente, havendo um provável déficit quantitativo de galerias pluviais, que, quando existem, podem estar entupidas devido ao descarte de resíduos sólidos nas vias públicas pela população.

Para identificar as principais áreas de inundação na cidade, Miguel e Felix (2016) geraram um mapa de riscos à inundação através do cruzamento de informações fornecidas por outros três mapas: altimetria, tipos de solo e cobertura vegetal. O risco foi determinado considerando que locais mais altos, solos mais permeáveis e áreas com maior cobertura vegetal são menos propensos à inundação. O resultado encontra-se na Figura 41.

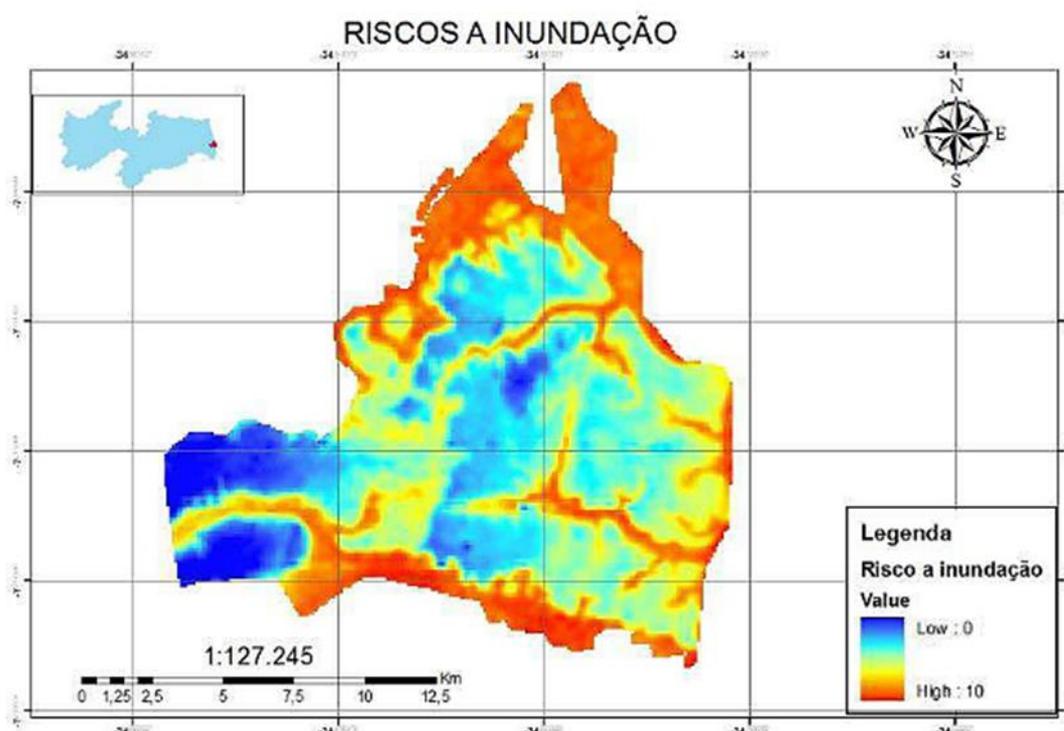


Figura 41 - Mapa de riscos à inundação em João Pessoa.

Fonte: Adaptado de Miguel e Felix (2016).

As áreas destacadas em vermelho e amarelo são as mais propensas a inundações. Em azul, são as áreas onde o risco é menor. A veracidade do mapa foi comprovada através da constatação de que as áreas de maior risco corresponderam

aos pontos de inundações identificados por Sobreira *et al.* (2004) em alguns bairros do município de João Pessoa (Tabela 7).

Tabela 7 - Pontos propícios a inundação em João Pessoa.

Logradouro	Bairro
Av. Tito Silva	Miramar
R. Francisco Porfírio	Mangabeira
R. São Pedro	Mandacaru
Av. Sanhauá	Varadouro
Av. Sergio Guerra	Bancários
R. Paulo Roberto Souza	Bessa

Fonte: (SOBREIRA *et al.*, 2004).

Alguns desses logradouros cruzam ou ficam próximos a rios. É o caso da Av. Tito Silva, que em determinado ponto cruza o rio Jaguaribe, e da Av. Sanhauá (Figura 42), próxima ao rio Paraíba. Outros possuem um sistema de drenagem debilitado, como a Av. Sérgio Guerra (Figura 43). Em cada um deles, soluções propostas pelas cidades-esponjas poderiam ser aplicadas, inclusive medidas de educação ambiental para evitar que lixo e entulho obstruam o sistema ou poluam os rios.



Figura 42 - Alagamento na Av. Sanhauá, no Bairro do Varadouro, em 2019.

Fonte: https://www.jornaldaparaiba.com.br/vida_urbana/chuva-intensa-causa-alagamentos-em-varios-pontos-de-joao-pessoa.html.



Figura 43 - Alagamento na Av. Sérgio Guerra, no Bairro dos Bancários, em 2019.

Fonte: https://www.jornaldaparaiba.com.br/vida_urbana/chuva-intensa-causa-alagamentos-em-variados-pontos-de-joao-pessoa.html.

Segundo Pereira (2017), João Pessoa sofria com a falta de políticas públicas que propiciassem uma boa qualidade de vida no meio urbano, associando o desenvolvimento sustentável com o controle de fenômenos naturais. O autor afirmou que, em 2017, a única exigência legal que contribuía para minimização da geração de escoamento no município era a delimitação da taxa de área permeável mínima para lotes edificados.

De fato, o Código de Urbanismo de João Pessoa estabelece que em todas as edificações verticais é obrigatório um percentual mínimo de 4% da área total do lote, sobre o qual é obrigatório o ajardinamento. Além disso, os passeios públicos devem apresentar um percentual de no mínimo 10% de sua área total destinados a ajardinamentos. (JOÃO PESSOA, 1975).

Ainda, o Decreto nº 5.343/2005 delimita uma taxa de impermeabilização máxima de 50% para áreas pertencentes ao Setor de Amenização Ambiental, referente à Zona de Preservação Ambiental e de Proteção Paisagística do Parque do Cabo Branco. Para terrenos ocupados por Postos Revendedores de Combustíveis, a Lei nº 9.904/2003 obriga a preservação de um percentual mínimo de 15% de área permeável.

A elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana para o município começou a ser discutida desde 2009, mas até então não há notícias de sua implantação. Segundo a Câmara Municipal de João Pessoa, o plano inclui ações para preservação das nascentes, melhoria da qualidade da água e reordenamento das ocupações irregulares, além da revitalização dos rios. (CMJP, 2016).

Nos últimos anos, foram realizadas obras de reestruturação do sistema de drenagem em João Pessoa, como serviços em pontos específicos visando evitar os alagamentos rotineiros. Pereira (2017) cita:

- Serviços de revitalização do Parque Sólon de Lucena com a recuperação da capacidade de armazenamento do lago, a construção de um túnel interligado à rede de drenagem que leva a água da chuva para ser despejada no Rio Sanhauá e o redirecionamento das canalizações de esgotos que ali eram lançados;
- Requalificação da Av. Beira Rio com a construção de ponte de elevação da pista nos dois sentidos, para resolver os problemas de inundações associados às cheias do rio Jaguaribe; e
- Ampliação dos sistemas de drenagem do bairro dos Bancários e nas proximidades da Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU), no bairro do Varadouro.

Porém, nota-se que foram ações pontuais e insuficientes, voltadas principalmente para ampliação das redes coletoras. Não houve, portanto, uma análise ampla de todo o território com a finalidade de promover soluções que envolvessem a inclusão de técnicas modernas de drenagem, como as propostas pelas cidades-esponja, em associação com os sistemas tradicionais.

6.1 TRANSIÇÃO PARA CIDADE-ESPONJA

Com base no que foi apresentado e discutido até então, foram levantados desafios, oportunidades e recomendações relacionados à transição de João Pessoa para uma cidade-esponja. Como feito por Li *et al.* (2017) e Nguyen *et al.* (2019), essas

informações foram agrupadas de acordo com o tipo: técnicos/físicos, financeiros, legais e comunitários/institucionais.

6.1.1 Desafios

- Técnicos e Físicos:
 - Necessidade de uma ampla base de dados sobre drenagem, topografia, geografia, ecologia, uso do solo e hidrologia para avaliação de viabilidade técnica antes da implementação do projeto;
 - Má qualidade das obras executadas pelo governo estadual ou municipal, a exemplo da obra no Parque Sólon de Lucena, alvo de várias críticas por profissionais e pela população;
 - Território assentado sobre baixos planaltos costeiros, o que facilita a ocorrência de inundações (SILVA, 2018);
 - Falta de profissionais (arquitetos, urbanistas, engenheiros hidráulicos e ambientais, geólogos, agrônomos, etc.) capacitados e especializados em sistemas de drenagem sustentáveis, técnicas compensatórias e estratégias *LID*. A maioria ainda lida com a drenagem urbana associada apenas às técnicas convencionais para solução de problemas pontuais (PEREIRA, 2017).
- Financeiros:
 - Necessidade de financiamento substancial e custos de manutenção e operação desconhecidos;
 - Escassez de fontes de financiamento e incentivos efetivos do mercado;
 - Dados insuficientes para avaliação da viabilidade econômica da transição para cidade-esponja;
 - Necessidade de aquisição de terrenos para a construção. (NGUYEN et al., 2019).

- Legais:
 - Escassez de normas e políticas sustentáveis de manejo da água urbana;
 - Falta de integração entre políticas de uso do solo urbano e manejo de água urbana (NGUYEN et al., 2019);
 - Pouca integração entre os diferentes órgãos do governo (infraestrutura, meio ambiente, saneamento) (CALDAS, 2020).
- Relacionados à comunidade/instituições:
 - Falta de conhecimentos gerais acerca da importância das cidades-esponja (boa parte dos cidadãos e profissionais não conhecem o conceito);
 - Engajamento limitado da comunidade, com relação à adoção de medidas e hábitos sustentáveis, e apoio pequeno ou nulo de setores público-privados. (NGUYEN et al., 2019).

6.1.2 Oportunidades

- Técnicas e Físicas:
 - Pesquisas locais sobre dados de drenagem, topografia, geografia, ecologia, uso do solo e hidrologia de João Pessoa, como a de Miguel e Felix (2016), que geraram um mapa de riscos à inundação em João Pessoa, e a de SOBREIRA (2004), que identificou pontos de alagamento na cidade;
 - Obras de reestruturação do sistema de drenagem recentemente realizadas (PEREIRA, 2017);
 - Vegetação nativa capaz de auxiliar na implantação de infraestruturas verdes;
 - Áreas disponíveis para implantação de parques lineares e outras medidas das cidades-esponja;
 - Iniciativas profissionais sugerindo a implantação de medidas de drenagem mais sustentáveis na cidade, como a proposta dos arquitetos e urbanistas Barreto e Dieb (2017), para implantação

de um parque linear no rio Jaguaribe, entre os bairros de Miramar e Cabo Branco (Figuras 44 e 45).

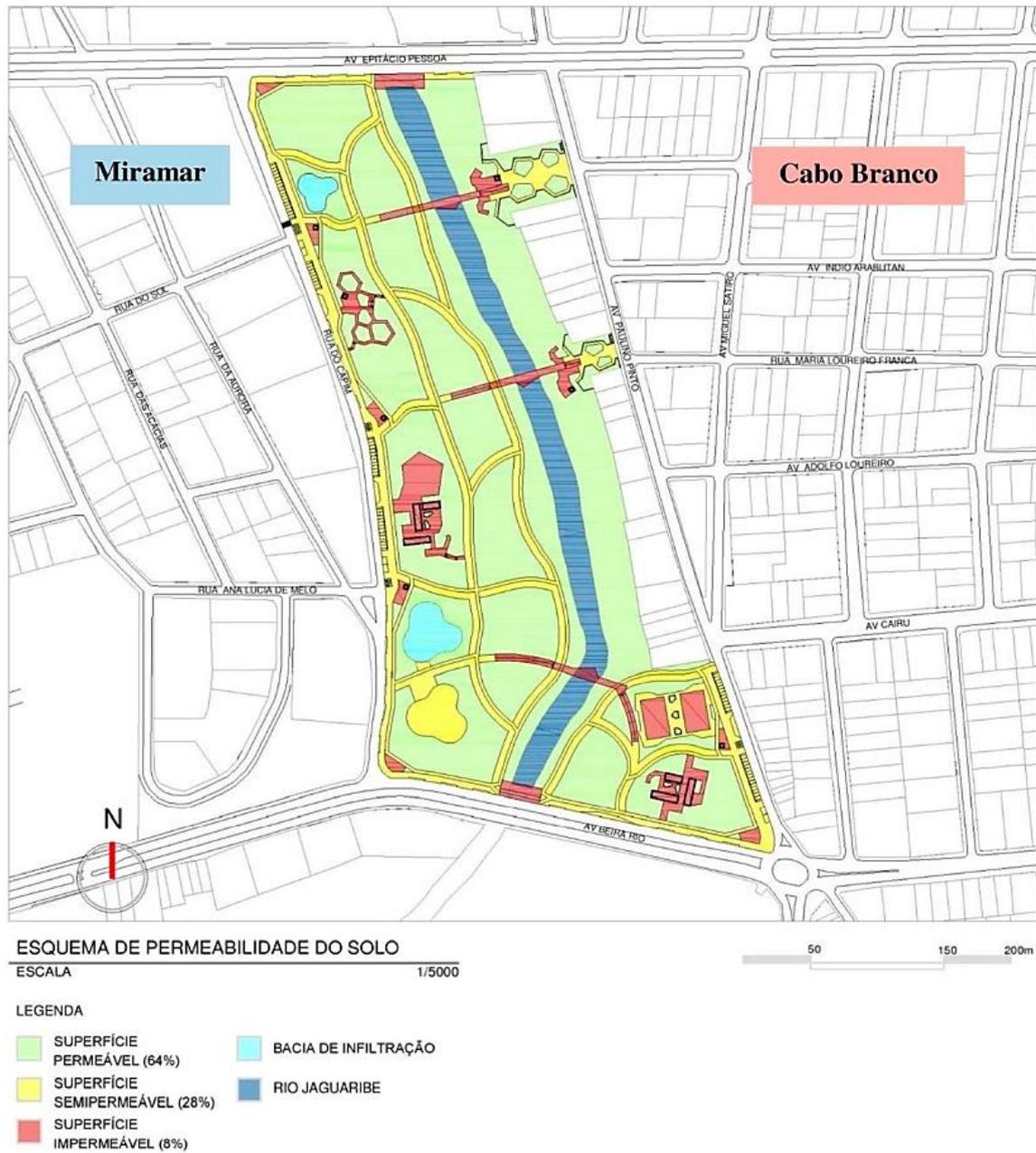


Figura 44 - Esquema de permeabilidade do solo da proposta de parque linear no rio Jaguaribe.
 Fonte: (BARRETO; DIEB, 2017).



Figura 45 - Perspectiva diurna da proposta do parque linear no rio Jaguaribe.
Fonte: (BARRETO; DIEB, 2017).

- Financeiras:
 - Programa João Pessoa Sustentável: projeto financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), com recursos da ordem de U\$ 100 milhões e contrapartida da Prefeitura Municipal de João Pessoa (PMJP). Dentre outros, visa a construção de até 675 moradias em três conjuntos habitacionais que serão construídos às margens da Avenida Beira Rio, reassentar 851 famílias que vivem em condições insalubres e

com risco de inundações e construir o parque linear às margens do rio Jaguaribe até 2024 (CAUPB, 2020; PMJP, 2020);

- Artigo 6º da Lei nº 2.102, de 31 de dezembro de 1975, referente à desapropriação de áreas necessárias para prefeitura. Essa lei garante a utilização dos terrenos necessários para construção de medidas que precisam de muito espaço, como os parques lineares e os parques alagáveis.
- Legais:
 - Discussão sobre o Plano Diretor de Drenagem Urbana iniciada (CMJP, 2016);
 - Exemplos brasileiros de implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, como São Paulo e Porto Alegre.
- Relacionadas à comunidade/instituições:
 - Iniciativas acadêmicas e institucionais sugerindo propostas para implantação de medidas de drenagem mais sustentáveis na cidade, por exemplo:
 - Dias (2007) realizou um estudo da viabilidade técnica e econômica da utilização de um sistema de coleta e aproveitamento da água da chuva e da avaliação da opinião da população sobre a implantação desse sistema para residências na cidade;
 - Silva (2019) realizou o dimensionamento de micro reservatórios de retenção para amortecimento do escoamento em lotes na cidade, considerando variações na taxa de ocupação, no tempo de retorno da chuva e no valor máximo da vazão de saída;
 - Andrade (2018) verificou a viabilidade econômica para implantação de um sistema de aproveitamento de águas de chuva na sede da CBTU em João Pessoa; e
 - Santos *et al.* (2008) analisaram o consumo de água em condomínios horizontais, a fim de verificar a possibilidade de aproveitar e armazenar água de chuva para suprir as necessidades não potáveis.

6.1.3 Recomendações

- Técnicas e Físicas:
 - Criar um banco de dados com as informações necessárias para transição para cidade-esponja;
 - Estabelecer um sistema adequado de manutenção e monitoramento (NGUYEN *et al.*, 2019);
 - Desenvolver materiais e produtos verdes adequados (NGUYEN *et al.*, 2019);
 - Aumentar o envolvimento e apoio de profissionais especializados, oferecendo treinamento para equipes locais implementarem tecnologias de cidades-esponja (NGUYEN *et al.*, 2019).
- Financeiras:
 - Levantar recursos financeiros dos setores público e privado, proporcionando-lhes benefícios ambientais e econômicos de projetos de cidade-esponja (NGUYEN *et al.*, 2019).
- Legais:
 - Implantar o Plano Diretor de Drenagem Urbana baseado nas propostas das cidades-esponja;
 - Aprimorar a estrutura da legislação local (NGUYEN *et al.*, 2019);
 - Aprimorar a integração entre o manejo da água e a consolidação de terras urbanas (NGUYEN *et al.*, 2019);
 - Criar um órgão ou departamento que trate exclusivamente do manejo de águas pluviais (PEREIRA, 2017).
- Relacionadas à comunidade/instituições:
 - Conduzir a educação formal e informal, além de cursos de treinamento, ao desenvolvimento da consciência e do engajamento social (NGUYEN *et al.*, 2019);
 - Criar um órgão de integração entre os projetos acadêmicos no município e os planos da prefeitura.

6.1.4 Resumo dos Desafios, Oportunidades e Recomendações

Um resumo dos desafios, oportunidades e recomendações encontra-se na Tabela 8. Os desafios supostos foram realmente identificados, como os relacionados à falta de recursos financeiros, empasses na gestão pública e aspectos físicos da cidade. O mesmo ocorreu para as oportunidades: existência de locais apropriados para a implantação de medidas abordadas pelas cidades-esponja (p.e.: Av. Beira Rio) e de estudos universitários voltados para sustentabilidade e reuso da água. Surpreenderam a escassez de normas e políticas sustentáveis de manejo da água urbana e a existência do Programa João Pessoa Sustentável.

Tabela 8 - Desafios, oportunidades e recomendações relacionados à transição de João Pessoa para uma cidade-esponja.

Nº	Tipo	Desafios	Oportunidades	Recomendações
1	Técnicos e físicos	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de uma ampla base de dados sobre drenagem, topografia, geografia, ecologia, uso do solo e hidrologia para avaliação de viabilidade técnica antes da implementação do projeto; • Má qualidade das obras executadas pelo governo estadual ou municipal; • Território assentado sobre baixos planaltos costeiros o que facilita a ocorrência de inundações (SILVA, 2018); • Falta de profissionais (arquitetos, urbanistas, engenheiros hidráulicos e ambientais, geólogos, agrônomos etc.) capacitados e especializados em sistemas de drenagem sustentáveis, técnicas compensatórias e estratégias LID. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisas locais sobre dados de drenagem, topografia, geografia, ecologia, uso do solo e hidrologia de João Pessoa; • Obras de reestruturação do sistema de drenagem recentemente realizadas (PEREIRA, 2017); • Vegetação nativa capaz de auxiliar na implantação de infraestruturas verdes; • Áreas disponíveis para implantação de parques lineares e outras medidas das cidades-esponja; • Iniciativas profissionais sugerindo a implantação de medidas de drenagem mais sustentáveis na cidade; 	<ul style="list-style-type: none"> • Criar um banco de dados com as informações necessários para transição para cidade-esponja; • Estabelecer um sistema adequado de manutenção e monitoramento (NGUYEN <i>et al.</i>, 2019); • Desenvolver materiais e produtos verdes adequados (NGUYEN <i>et al.</i>, 2019); • Aumentar o envolvimento e apoio de profissionais especializados, oferecendo treinamento para equipes locais implementarem tecnologias de cidades-esponja (NGUYEN <i>et al.</i>, 2019);
2	Financeiros	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de financiamento substancial e custos de manutenção e operação desconhecidos; • Escassez de fontes de financiamento e incentivos efetivos do mercado; • Dados insuficientes para avaliação da viabilidade econômica da transição para cidade-esponja; • Necessidade de aquisição de terrenos para a construção. (NGUYEN <i>et al.</i>, 2019). 	<ul style="list-style-type: none"> • Programa João Pessoa Sustentável (CAUPB, 2020); • Artigo 6º da Lei nº 2102, de 31 de dezembro de 1975, referente à desapropriação de áreas necessárias para prefeitura; 	<ul style="list-style-type: none"> • Levantar recursos financeiros dos setores público e privado, proporcionando-lhes benefícios ambientais e econômicos de projetos de cidade-esponja (NGUYEN <i>et al.</i>, 2019);
3	Legais	<ul style="list-style-type: none"> • Escassez de normas e políticas sustentáveis de manejo da água urbana; • Falta de integração entre políticas de uso do solo urbano e manejo de água urbana (NGUYEN <i>et al.</i>, 2019); • Pouca integração entre os diferentes órgãos do governo (infraestrutura, meio ambiente, saneamento) (CALDAS, 2020); 	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão sobre o Plano Diretor de Drenagem Urbana iniciada (CMJP, 2016); • Exemplos brasileiros de implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana; 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar o Plano Diretor de Drenagem Urbana baseado nas propostas das cidades-esponja; • Aprimorar a estrutura da legislação local (NGUYEN <i>et al.</i>, 2019); • Aprimorar a integração entre o manejo da água e a consolidação de terras urbanas (NGUYEN <i>et al.</i>, 2019); • Criar um órgão ou departamento que trate exclusivamente do manejo de águas pluviais (PEREIRA, 2017);
4	Comunidade e Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de conhecimentos gerais acerca da importância das cidades-esponja; • Engajamento limitado da comunidade e apoio pequeno ou nulo de setores público-privados. (NGUYEN <i>et al.</i>, 2019). 	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciativas acadêmicas e institucionais sugerindo propostas e verificando a viabilidade econômica de implantação de medidas de drenagem mais sustentáveis na cidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conduzir a educação formal e informal, além de cursos de treinamento, ao desenvolvimento da consciência e do engajamento social (NGUYEN <i>et al.</i>, 2019). • Criar um órgão de integração entre os projetos acadêmicos no município e os planos da prefeitura.

Fonte: Elaborado pela autora.

7 CONCLUSÃO

Apesar do conceito de cidade-esponja ter surgido recentemente na China, algumas das suas soluções já eram adotadas em diversas cidades pelo mundo, como Nova York, Copenhague, São Paulo e Porto Alegre. Isso pode ser explicado pelo fato de as cidades-esponja envolverem recursos já utilizados por outros conceitos criados anteriormente, como as técnicas de drenagem compensatórias e as estratégias *LID*. No entanto, inovaram ao incluir essas soluções nas políticas públicas de planejamento urbano, ao invés de realizar apenas aplicações pontuais, e ao incentivar uma maior utilização da infraestrutura verde.

Além disso, suas propostas não são apenas para reduzir o escoamento superficial e mitigar as inundações, mas, também, para melhorar a qualidade e o abastecimento da água urbana. Assim, o surgimento das cidades-esponja contribui para o aperfeiçoamento do planejamento urbano sustentável, fornecendo estrutura suficiente para que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável relacionados ao saneamento e aos impactos causados pelas alterações climáticas sejam alcançados.

Todas as cidades utilizadas como exemplo sofriam com problemas de drenagem urbana, independentemente de serem de países desenvolvidos ou não. Os principais contextos que propiciaram suas transições para cidades-esponja foram a ocorrência de grandes desastres naturais causados pelas chuvas e a iniciativa pública. São Paulo e Porto Alegre foram cidades que surpreenderam por possuírem planos de drenagem urbana muito antes do surgimento das cidades-esponja. Porém, seus planos poderiam fazer mais uso das infraestruturas verdes, como é feito em Berlim e Frankfurt, que investiram na implantação de telhados verdes.

João Pessoa também sofre consideravelmente com as perdas econômicas, humanas e materiais causadas pelas fortes chuvas. Portanto, identificar os desafios e oportunidades para uma futura transição para cidade-esponja foi crucial, visto que é uma das alternativas para solucionar os problemas de drenagem, melhorando a qualidade de vida de todos os seres vivos na cidade.

Os empasses na gestão pública como a escassez de normas e políticas sustentáveis de manejo da água urbana e a pouca integração entre os diferentes órgãos do governo (infraestrutura, meio ambiente, saneamento) foram o principal desafio identificado, visto que dependem, exclusivamente, do poder de decisão dos órgãos públicos. O Programa João Pessoa Sustentável, foi uma grande oportunidade

identificada com relação aos recursos financeiros, mas é momentânea e não é voltada exclusivamente para financiar obras de drenagem. Por isso, deve-se realizar, constantemente, um levantamento de possíveis recursos financeiros fornecidos pelos setores públicos e privados.

As principais oportunidades identificadas, além do Programa João Pessoa Sustentável, foram: existência de locais apropriados para a implantação de medidas abordadas pelas cidades-esponja, como a Av. Beira Rio, iniciativas profissionais sugerindo a implantação de estratégias de drenagem mais sustentáveis e estudos locais voltados para sustentabilidade e reutilização da água da chuva.

A Prefeitura Municipal de João Pessoa precisa adotar uma posição mais assertiva com relação à elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana. Para que seja o mais adequado, sustentável e eficiente, o plano deve considerar todos os aspectos das cidades-esponja e ser elaborado em parceria com outras cidades.

Também deve incluir intervenções em outros pontos da cidade, além do rio Jaguaribe, como a Av. Sanhauá e a Av. Sérgio Guerra, onde ocorrem alagamentos periodicamente. Além disso, medidas de educação ambiental devem ser estruturadas a fim de evitar a poluição dos corpos hídricos e a obstrução do sistema de drenagem devido ao descarte incorreto de resíduos.

Sugere-se, ainda, estudos de acompanhamento do desenvolvimento do Plano de Drenagem Urbana de João Pessoa e do Programa João Pessoa Sustentável, a fim de que sejam realizados de forma adequada e com o melhor desempenho possível. Também podem ser realizados mais estudos sobre a implantação da infraestrutura verde na cidade, de modo a não haver uma subutilização desse tipo de infraestrutura na transição de João Pessoa para uma cidade-esponja.

REFERÊNCIAS

- ABIKO, Alex Kenya *et al.* **Urbanismo**: história e desenvolvimento. São Paulo: EPUSP, 1995. 49 p. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00016.pdf#page=40&zoom=auto,-99,726. Acesso em: out. 2020.
- ALMEIDA, Caio Américo Pereira de. **Localização geográfica da área de estudo**. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Localizacao-geografica-da-area-de-estudo_fig1_321173464. Acesso em: nov. 2020.
- ANDRADE, Afonso Eris Ferreira de. **Estudo da viabilidade econômica para sistema de aproveitamento de águas de chuva na sede da CBTU em João Pessoa**. 2018. 79f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13631/1/AEFA08112018.pdf>. Acesso em: nov. 2020.
- ANDRÉ, Mário Rui. **Berlim testa conceito de “cidade esponja” para combater calor e inundações**: capital alemã tenta virar-se para a natureza, não contra ela. 2017. Disponível em: <https://shifter.sapo.pt/2017/09/berlim-cidade-esponja/>. Acesso em: nov. 2020.
- ANGEL, Shlomo *et al.* **Making Room for a Planet of Cities**. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy, 2011. 72 p. Disponível em: https://www.lincolninstitute.edu/sites/default/files/pubfiles/making-room-for-a-planet-of-cities-full_0.pdf. Acesso em: nov. 2020.
- BARRETO, André Baltazar de Lima; DIEB, Marília de Azevedo. Proposta de parque linear no rio Jaguaribe, entre os bairros de Miramar e cabo Branco, João Pessoa, PB. **Virus**, São Carlos, n. 14, nov. 2017. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus14/?sec=7&item=2&lang=pt>. Acesso em: nov. 2020.
- BARRON, James. New York's Next Nickname: The Big Sponge? **The Guardian**. New York, p. 1-1. 27 set. 2018. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2018/09/27/nyregion/new-york-flooding.html>. Acesso em: nov. 2020.
- BENEVOLO, L. **Storia dell'architettura moderna**. Bari, Editori Laterza, 1971.
- BLOOMBERG QUICKTAKE. **Berlin is Becoming a Sponge City**. [S.l.]: Bloomberg Quicktake, 2017. Color. Legendado. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=uWjGGvY65jk&t=42s>. Acesso em: nov. 2020.
- BRASIL. **Decreto nº 7.257, de 04 de agosto de 2010**. Regulamenta a Medida Provisória nº 494 de 2 de julho de 2010, para dispor sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, sobre o reconhecimento de situação de emergência e estado de calamidade pública, sobre as transferências de recursos para ações de socorro,

assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre, e dá outras providências. Brasília, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7257.htm. Acesso em: out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em: out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento... Brasília, 15 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: out. 2020.

BRASIL. **Resolução nº 2, de 12 de dezembro de 1994**. Conselho Nacional de Defesa Civil. Brasília, 02 jan. 1995. Disponível em: <https://www.in.gov.br/consulta>. Acesso em: out. 2020.

BUCALEM, Miguel. **Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de São Paulo PMAP-SP**. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2012. 84 slides, color. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/comite_clima/plano_diretor_de_drenagem_201200712_fundap.pdf. Acesso em: nov. 2020.

CALDAS, Lucas Rosse. **Enfrentando inundações urbanas: 7 soluções para cidades-esponja**. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/940139/enfrentando-inundacoes-urbanas-7-solucoes-para-cidades-esponja>. Acesso em: jul. 2020.

CÂMARA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA (CMJP). **CMJP questiona ausência de Plano de Drenagem para JP**. 2016. Disponível em: <https://www.pbagora.com.br/noticia/paraiba/cmjp-questiona-ausencia-de-plano-de-drenagem-para-jp/>. Acesso em: nov. 2020.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 2. ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998. 173 p. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/min000006.pdf>. Acesso em: out. 2020.

COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS (COBRAPE) (org.). **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba**: volume iv - manual de drenagem. Curitiba: Cobrape, 2018. 151 p. Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2018/00238310.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA PARAÍBA (CAU/PB). **PMJP e BID lançam manifestação de interesse e empresas de arquitetura e urbanismo de todo o mundo podem se integrar ao programa JP Sustentável**. 2020. Disponível em: <https://www.caupb.gov.br/?p=13037>. Acesso em: nov. 2020.

COSTA, J. **É Reservatório de Detenção ou Retenção? Descubra a diferença!**. Jundiaí: Eng. José Costa, 2020. (17 min.), son., color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CYkzqM-149g>. Acesso em: nov. 2020.

CROSSBOW COMMUNICATIONS. **Frankfurt a Model for Sustainability**. c2020. Disponível em: <https://greencities.org/frankfurt-a-model-for-sustainability/>. Acesso em: nov. 2020.

CRUZ, Vera Lúcia. **Minicurso: Passo a passo para elaboração do TCC**. João Pessoa: Ufpb, 2020. 33 slides, color.

DAI, Liping *et al.* Governance of the Cidade-esponja Programme in China with Wuhan as a case study. **International Journal of Water Resources Development**, v. 34, n. 4, p. 578-596, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07900627.2017.1373637>. Acesso em: nov. 2020.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR URBANISTIK (gGmbH) (Germany). **NetWORKS 3: intelligent integrated water management solutions in Frankfurt am main and Hamburg**. 2017. Disponível em: <https://networks-group.de/en>. Acesso em: nov. 2020.

DIAS, Isabelly Cícera Souza. **Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa**. 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5570?locale=pt_BR. Acesso em: nov. 2020.

FEDERAL INTERAGENCY STREAM RESTORATION WORKING GROUP (FISRWG). **Stream Corridor Restoracion: principles, processes, and practices**. 1998, rev. 2001. 637 p. Disponível em: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044574.pdf. Acesso em: out. 2020.

FIGUEIREDO, Nélia Maria Almeida de *et al* (org.). **Método e Metodologia na Pesquisa Científica**. 3. ed. São Caetano do Sul: Yendis, 2008. 239 p.

FOGEIRO, Jéssica Simões. **Cidade Esponja: aplicação do conceito e métodos no bairro marechal gomes da costa, porto**. 2019. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura Paisagista, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2019. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/124775>. Acesso em: nov. 2020.

GAETE, Constanza Martínez. **Um teto verde a cada edifício: a política de copenhagen para eliminar as emissões de carbono até 2025**. 2014. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/627595/um-teto-verde-a-cada-edificio-a-politica-de>

copenhague-para-eliminar-as-emissoes-de-carbono-ate-2025. Acesso em: nov. 2020.

GERMANY TRADE & INVEST (GTAI); ADVERTISING DEPARTMENT OF THE FINANCIAL TIMES (FTC). (Germany). **Singin' in the rain with Germany's smart wastewater management**: german water management, "cidade-esponja" future. 2019. Disponível em: <https://germanyworks.com/news/waste-water-management/>. Acesso em: nov. 2020.

GOOGLE. **Av. Goethe**: Porto Alegre - RS. 2020. Disponível em: <https://goo.gl/maps/55EP2DNdFhJeR3K39>. Acesso em: nov. 2020.

HOUSLEY, Suzie. **Three Ways to Think Like a Cidade-esponja**. 2019. Disponível em: <https://www.stormsensor.io/three-ways-to-think-like-a-sponge-city/>. Acesso em: nov. 2020.

INICIATIVA CIDADES EMERGENTES E SUSTENTÁVEIS BRASIL (ICES BRASIL). **Plano de Ação**: João Pessoa Sustentável. João Pessoa: ICES BRASIL, 2014. 71 p. Disponível em: https://polis.org.br/wp-content/uploads/2020/03/Plano_de_Acao_Joao_Pessoa_ICES.pdf. Acesso em: nov. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Pesquisa de Informações Básica Municipais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017a. 106 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101595.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Atlas do Censo Demográfico 2010**: urbanização. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 11 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv64529_cap6.pdf. Acesso em: out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **João Pessoa**: panorama. c2017b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa/panorama>. Acesso em: nov. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **População do Brasil**. 2020a. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/box_popclock.php. Acesso em: out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Porto Alegre**: panorama. c2017c. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>. Acesso em: nov. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **São Paulo**: panorama. c2017d. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>. Acesso em: nov. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Séries Históricas e Estatísticas**: taxa de urbanização. c2020b. Disponível em:

<https://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>. Acesso em: out. 2020.

JING, Li. Inside China's leading 'cidade-esponja': Wuhan's war with water. **The Guardian**. Wuhan. 23 jan. 2019. Disponível em: <https://www.theguardian.com/cities/2019/jan/23/inside-chinas-leading-sponge-city-wuhans-war-with-water>. Acesso em: nov. 2020.

JOÃO PESSOA (Município). **Lei nº 2.102, de 31 de dezembro de 1975**. Institui o Código de Urbanismo integrante do Plano Diretor Físico do município de João Pessoa, suas normas ordenadoras e disciplinadoras e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pb/j/joao-pessoa/lei-ordinaria/1975/210/2102/lei-ordinaria-n-2102-1975-institui-o-codigo-de-urbanismo-integrante-do-plano-diretor-fisico-do-municipio-de-joao-pessoa-suas-normas-ordenadoras-e-disciplinadoras-e-da-outras-providencias#>. Acesso em: nov. 2020.

JOÃO PESSOA. (Município). **Decreto nº 5.343, de 28 de junho de 2005**. Estabelece a delimitação do parque do Cabo Branco, instruções normativas de zoneamento urbano e ambiental, a contrapartida financeira dos empreendimentos e dá outras providências. Disponível em: <http://antigo.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/DECRETO-5.343-Cabo-Branco.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

JOÃO PESSOA. (Município). **Lei nº 9.907, de 15 de abril de 2003**. Dispõe sobre as normas técnicas de localização, construção e instalação e o funcionamento de postos revendedores (PR) de combustível e toma outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pb/j/joao-pessoa/lei-ordinaria/2003/991/9904/lei-ordinaria-n-9904-2003-dispoe-sobres-as-normas-tecnicas-de-localizacao-construcao-e-instalacao-e-o-funcionamento-de-postos-revendedores-pr-de-combustivel-e-toma-outras-providencias?q=9.904>. Acesso em: nov. 2020.

KAMINKER, Christopher; HOHNE-SPARBORTH, Thomas. **Permeable cities: Adapting to climate change**. 2019. Disponível em: <https://www.lombardodier.com/sponge>. Acesso em: nov. 2020.

LI, Hui *et al.* Cidade-esponja construction in China: a survey of the challenges and opportunities. **Water**, Basileia, v. 9, n. 9, 28 ago. 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/9/9/594>. Acesso em: out. 2020.

LUO, Tianyi *et al.* **Os 15 países do mundo com a maioria das pessoas expostas a inundações de rios**. 2015. Disponível em: <https://www.wri.org/blog/2015/03/world-s-15-countries-most-people-exposed-river-floods>. Acesso em: out. 2020.

MATZINGER, Andreas; ROUAULT, Pascale. **Planning Criteria for Climate-just Cities (netWORKS4)**. 2017. Disponível em: <https://www.kompetenz-wasser.de/en/project/networks4/>. Acesso em: nov. 2020.

MAZUCATO, Thiago (org.). **Metodologia da Pesquisa e do Trabalho Científico**. Penápolis: Funepe, 2018. 94 p. Disponível em: <http://funepe.edu.br/arquivos/publicacoes/metodologia-pesquisa-trabalho-cientifico.pdf>. Acesso em: out. 2020.

MÉDICI, Daniel; MACEDO, Letícia. Cidades-esponja: conheça iniciativas pelo mundo para combater enchentes em centros urbanos. **G1**. Rio de Janeiro, 16 fev. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/02/16/cidades-esponja-conheca-iniciativas-pelo-mundo-para-combater-enchentes-em-centros-urbanos.ghtml>. Acesso em: jul. 2020.

MIGUEL, Juliana Gomes e Sousa; FELIX, Djailson Bezerra. Riscos a Inundação na Cidade de João Pessoa-PB. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO AMBIENTAL E BIODIVERSIDADE, 5., 2016, Três Rios. **5º Anais Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade**. Três Rios: Michael Alvim Milward-de-Azevedo e Erika Cortines, 2016. p. 674-678. Disponível em: https://itr.ufrrj.br/sigabi/wp-content/uploads/5_sigabi/Sumarizado/102.pdf. Acesso em: jul. 2020.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (MI). Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília: MI, 2007. 82 p. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/min000012.pdf>. Acesso em: out. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 3º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. 195 p.: il. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ap/2018/Diagnostico_AP2018.pdf. Acesso em: out. 2020.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (Brasil). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: out. 2020.

NEW YORK UNIVERSITY (NYU). **The NYU Urban Expansion Program: a primer**. New York: Stern School of Business, New York University, 2015. 15 p. Disponível em: <https://marroninstitute.nyu.edu/uploads/content/UEPrimer2015.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

NGUYEN, Thu Thuy *et al.* Implementation of a specific urban water management - Cidade-esponja. **Science of Total Environment**, v. 652, p. 147-162, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718340518>. Acesso em: out. 2020.

ONEDA, Tânia Mara Sebben. **Planos Diretores de Drenagem Urbana: uma análise comparativa entre planos de países desenvolvidos e em desenvolvimento**. 2018. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2018. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cct/id_cpmenu/706/T_nia_Mara_Sebben_Oneda_15293308063114_706.pdf. Acesso em: nov. 2020.

ONU NEWS. **População mundial deve ter mais 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos**. **ONU News**. 17 jun. 2019a. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/06/1676601>. Acesso em: out. 2020.

ONU NEWS. “**Temos que reconhecer que a urbanização é um fenômeno mundial irreversível**”. **ONU News**. 31 out. 2019b. Disponível em: <https://news.un.org/pt/interview/2019/10/1692941>. Acesso em: out. 2020.

PEREIRA, Luan Cardoso de Oliveira. **Aspectos Normativos Relacionados ao Manejo de Águas Pluviais e Controle de Escoamento em Meio Urbano**: caso de João Pessoa. 2017. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2017.1/aspectos-normativos-relacionados-ao-manejo-de-aguas-pluviais-e-controle-de-escoamento-em-meio-urbano-2013-caso-de-joao-pessoa.pdf>. Acesso em: out. 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA (PMJP). **Programa de Desenvolvimento Urbano Integrado e Sustentável do Município de João Pessoa**: Marco de Gestão Ambiental e Social - MGAS. João Pessoa: PMJP, 2020. 138 p. Disponível em: <https://www.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/Marco-de-Gest%C3%A3o-Ambiental-e-Social-MGAS-Programa-JP-Sustent%C3%A1vel.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 276 p. Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: out. 2013.

PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre - RS**. Porto Alegre: Fábrica de Ideias Brasileiras (Fib), 2013. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/07/AF_Inic%20Insp03_pl%20drenagem_web.pdf. Acesso em: nov. 2020.

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL (ReCESA). **Técnicas Compensatórias para o Controle de Cheias Urbanas**: guia do profissional em treinamento: nível 2 e 3. Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 52 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/307766551/APU-TCCU-2-e-3-pdf>. Acesso em: nov. 2020.

ROXBURGH, Helen. China's 'cidades-esponja' are turning streets green to combat flooding. **The Guardian**. Shangai. 28 dez. 2017. Disponível em: <https://www.theguardian.com/world/2017/dec/28/chinas-sponge-cities-are-turning-streets-green-to-combat-flooding>. Acesso em: out. 2020.

RUFATO, Caio Tanaka *et al.* **Planos Diretores de Drenagem Urbana**: plano diretor de drenagem e manejo de águas pluviais do município de São Paulo. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiUvbbVkJGHeu_AQkQFjACegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.pha.poli.usp.br%2FLeArq.aspx%3Fid_arq%3D7418&usg=AOvVaw203zjVZbHtuShy0CW E2eZI. Acesso em: nov. 2020.

SANTOS, Celso Augusto Guimarães *et al.* Aproveitamento da Água da Chuva para Fins não Potáveis. In: ENCONTRO DE EXTENSÃO, 10., 2008, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: Ufpb-Prac, 2008. p. 1-1. Disponível em: http://www.prac.ufpb.br/anais/xenex_xienid/x_enex/ANAIS/Area5/5CTDECPEX02.pdf. Acesso em: nov. 2020.

SCOPEL, Vanessa *et al.* **Planejamento Urbano [recurso eletrônico]**. Porto Alegre: Sagah, 2018. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595023253/cfi/191!/4/4@0.00:0.00>. Acesso em: out. 2020.

SILVA, Edembergue Lima da. **Dimensionamento e Estimativa Orçamentária de Microrreservatórios de Detenção e Diferentes Lotes na Cidade de João Pessoa**. 2019. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15738>. Acesso em: jul. 2020.

SILVA, Natieli Tenório da. **As chuvas no município de João Pessoa: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental**. 2018. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: https://www.ufpb.br/climageo/contents/menu/publicacoes/dissertacoes/as_chuvas_no_municipio_de_joao-pessoa_impactos_riscos_vulnerabilidade_socioambiental.pdf. Acesso em: ago. 2020.

SILVA, Otácio Fábio da. **Avaliação da precipitação da microrregião de João Pessoa-PB**. 2017. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Ecologia, Engenharia e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/3394/1/OFS01122017.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO (SNS). **Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**: 2018. Brasília: SNS, 2019. 200 p. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-aguas-pluviais/diagnostico-do-servico-de-aguas-pluviais-2018>. Acesso em: nov. 2020.

SOBREIRA, Liése Carneiro *et al.* Distribuição das áreas de inundação na cidade de João Pessoa, Paraíba: esboço de análise geográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 6., 2004, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: ABG, 2004. Disponível em: <https://docplayer.com.br/46900444-Distribuicao-das-areas-de-inundacao-na-cidade-de-joao-pessoa-paraiba-esboco-de-analise-geografica.html>. Acesso em: 11 nov. 2020.

SUMMIT MOBILIDADE URBANA. **4 parques lineares e como eles transformaram o cenário urbano**. 2020. Disponível em: <https://summitmobilidade.estadao.com.br/guia-do-transporte-urbano/4-parques-lineares-e-como-eles-transformaram-o-cenario-urbano/>. Acesso em: nov. 2020.

TUCCI, Carlos E. M. Águas Urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, jun. 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295/11943>. Acesso em: out. 2020.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Unesco, 2005. 270 p. 270 f. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o_de_Aguas_Pluviais__.PDF?1370615799. Acesso em: nov. 2020.

ULKU, Mesut *et al.* **Cidade-esponja**: erqi cidade-esponja final report. Delft: Tudelft, 2018. 141 p. 141 f. Disponível em: https://d1rkab7tlqy5f1.cloudfront.net/Websections/Infrastructures%20and%20Mobility/Student%20projecten/Sponge%20City%20China/SCP_Final_report_nov2018.pdf. Acesso em: nov. 2020.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (UN-HABITAT) (Kenya). **Urbanization and Development**: emerging futures. Nairobi: Un-Habitat, 2016. 247 p. Disponível em: https://cdn.plataformaurbana.cl/wp-content/uploads/2016/06/wcr-full-report-2016.pdf?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com.br. Acesso em: out. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE (UFF). **Eixos Temáticos**: drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. c2020. Disponível em: <http://www.saneamentomunicipal.com/oppmsb/eixos-tematicos/aguas-pluviais>. Acesso em: nov. 2020.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

WINGE, M. **Biocenose**. 2014. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/biocenose.htm>. Acesso em: out. 2020.

WU, Y. Cidade-esponja Design: Concept, Technology & Case Study. **Phoenix Sciencepress**, Jiangsu, 2015.

YANG, Jing. **Integrating Sustainable Storm Water Management and Urban Planning**: a comparative case study between cidade-esponja in china and climate proof city in the Netherlands. 2016. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Science in Urban Environmental Management-Land Use Planning, Wageningen University, Wageningen, 2016. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/387210>. Acesso em: out. 2020.