



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

LUAN CARDOSO DE OLIVEIRA PEREIRA

ASPECTOS NORMATIVOS RELACIONADOS AO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS
E CONTROLE DE ESCOAMENTO EM MEIO URBANO –
CASO DE JOÃO PESSOA

JOÃO PESSOA

2017

LUAN CARDOSO DE OLIVEIRA PEREIRA

**ASPECTOS NORMATIVOS RELACIONADOS AO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS
E CONTROLE DE ESCOAMENTO EM MEIO URBANO –
CASO DE JOÃO PESSOA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial obrigatório à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Gustavo Barbosa Lima da Silva

JOÃO PESSOA

2017

P436a Pereira, Luan Cardoso de Oliveira

Aspectos normativos relacionados ao manejo de águas pluviais e controle de escoamento em meio urbano – caso de João Pessoa./ Luan Cardoso de Oliveira Pereira./ – João Pessoa, 2017.

86f. il.:

Orientador: Prof. Gustavo Barbosa Lima da Silva.

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Urbanização 2. Escoamento superficial 3. Drenagem urbana
4. Manejo Sustentável 5. Técnicas compensatórias. Título.

BS/CT/UFPB

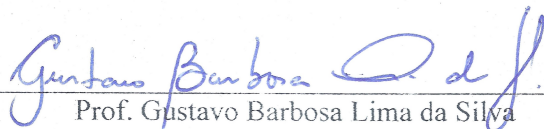
CDU: 2.ed. 624 (043)

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUAN CARDOSO DE OLIVEIRA PEREIRA

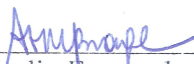
ASPECTOS NORMATIVOS RELACIONADOS AO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS E CONTROLE DE ESCOAMENTO EM MEIO URBANO – CASO DE JOÃO PESSOA

Trabalho de Conclusão de Curso em 30/11/2017 perante a seguinte Comissão Julgadora:



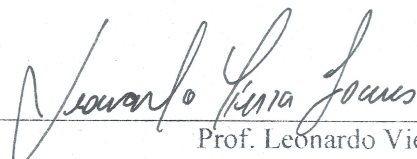
Prof. Gustavo Barbosa Lima da Silva
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



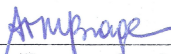
Prof.^a Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Prof. Leonardo Vieira Soares
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Prof.^a Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Matrícula Siape: 1668619
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

Dedico este trabalho em primeiro lugar ao autor de toda a criação, ao Deus que é poderoso para fazer infinitamente mais daquilo que pedimos ou pensamos. Dedico também a minha mãe, que se doou sem medida para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por Sua graça a mim dispensada, e pelo privilégio de tê-Lo todos os dias ao meu lado. Ao que me amou primeiro, sejam a honra e a glória por esta conquista, pois a Ele pertencem a sabedoria e o conhecimento.

À minha amada mãe, Gilvonete Cardoso, que jamais mediu esforços para que eu pudesse realizar meus sonhos e alçar voos mais altos do que um dia ela pôde experimentar.

Aos meus familiares que de alguma maneira estiveram envolvidos na minha formação. Em especial, à minha avó Raquel Pereira e minha tia Esmeralda Oliveira, por todo apoio em diversos momentos; à minha prima Elaine Oliveira, pelas orações e incentivos; e, à minha prima Valquiria Cardoso, de quem ganhei meu primeiro livro de cálculo, e sempre foi uma inspiração e exemplo.

Aos amigos que fiz durante a graduação: Adalice Duarte, Adriane Oliveira, Ana Beatriz Gomes, Camila Feitoza, Erickson Fontes, Geórgia Cavalcante (que me emprestou um dos livros base para este trabalho), Igor Rolim, Ídilla Kaenna Abrantes, Ivoneide Silva (parceira de estudos desde o primeiro semestre), Jéssica Pereira, Kaline Gomes, Letícia Vieira (que juntamente com sua mãe, Gerlane Santana, sempre esteve ao meu lado), Luís Henrique Ribeiro, Maria Juliana Santos, Natália Pires (de quem me aproximei nos últimos dois anos, e tenho grande admiração), Rafaele Dantas (parceira de aventuras, estágio e intercâmbio), Raniely Leite (e sua mãe, Maria Lúcia Leite), Simone Morena, Thaís Farias, Tiago Teotônio e Vinicius Urquiza.

Aos profissionais com quem tive a oportunidade de trabalhar e aprender durante meu estágio na Caixa Econômica Federal, em especial: Arq^a. Hilmara Mascena, Eng^o. Luciano Brasileiro e Eng^a. Roberta Medeiros (que muito me incentivou, inclusive para escolher a drenagem urbana como área de estudo)

Ao orientador deste trabalho, Prof. Gustavo Lima, por toda paciência e contribuições para o meu aprendizado. Aos Docentes, Prof^a. Ana Cláudia Medeiros e Prof. Leonardo Vieira Soares, por terem aceitado fazer parte da minha banca, e por quem tenho grande admiração. E, a todos os demais docentes que contribuíram para minha formação, em especial aos professores (as): Ana Cristina Taigy, Aline Remígio, Andrea Silva, Clóvis Dias, Francisco Jácome Sarmiento, Isabelle Yruska Braga e Roberto Pimentel.

“Porque o Senhor dá a sabedoria; da sua boca é que vem o conhecimento e o entendimento”.

(Provérbios 2:6)

RESUMO

O conceito de drenagem urbana tem evoluído ao longo da história, à medida que surge a necessidade de ações que promovam o devido controle dos impactos causados pela urbanização no funcionamento do ciclo hidrológico, como o aumento da geração de escoamento superficial por causa da crescente impermeabilização do solo. Embora os problemas relacionados a drenagem sejam evidentes no contexto urbano de diversas localidades, ainda há certa carência em sua gestão, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil. A gestão da drenagem urbana consiste no conjunto de atividades que envolvem a atuação de órgãos públicos, setor privado, organizações interessadas e população, que juntos viabilizam a administração e operação das medidas necessárias ao seu funcionamento. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi realizar uma pesquisa qualitativa a respeito dos aspectos normativos e legais para o manejo de águas pluviais e o controle de escoamento nos Estados Unidos, Austrália, Reino Unido e Brasil, comparando com a realidade da cidade de João Pessoa. Pôde-se perceber a falta de políticas públicas efetivas, incluindo a inexistência de um Plano Diretor de Drenagem, item de extrema importância para guiar e conduzir diretrizes. Além disso, observou-se a falta de meios legais para fomentar a aplicação de medidas sustentáveis na resolução dos problemas existentes no município.

Palavras-chaves: Urbanização; Escoamento superficial; Drenagem urbana; Manejo sustentável, Técnicas compensatórias.

ABSTRACT

The concept of urban drainage has evolved throughout history, as there is a need for actions that promote proper control of the impacts caused by urbanization on the balance of the hydrological cycle, such as the increase in the generation of surface runoff due to the increasing waterproofing of soil. Although problems related to drainage are evident in the urban context of several places, there is still a certain lack of management, especially in developing countries, such as Brazil. The urban drainage management consists of a set of activities that involve the work of public agencies, the private sector, stakeholders and the population, which together make feasible the administration and operation of the measures necessary for its performance. In this context, the aim of this work was to conduct a qualitative research on the normative and legal aspects for stormwater management and runoff control in the United States, Australia, United Kingdom and Brazil, comparing with the reality of the city of João Pessoa. It was possible to realize the shortage of effective public policies, including the need for a Drainage Master Plan, which is extremely important for leading guidelines. In addition, it was observed the absence of legal means to encourage the implementation of sustainable measures to solve problems in the municipality.

Keywords: Urbanization; Surface runoff; Urban drainage; Sustainable management
Compensatory techniques.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - População atingida por inundações em todo o mundo	17
Figura 2 - Taxa de urbanização do Brasil.....	21
Figura 3 - Relação entre superfícies impermeabilizadas e escoamento superficial ..	23
Figura 4 - Alteração do hidrograma de cheia devido à urbanização	24
Figura 5 - Ilustração de uma comporta e um canal de drenagem em Harappa.....	25
Figura 6 - Elementos da micro e macrodrenagem. (a) Execução de sarjeta; (b) Boca de lobo; (c) Galeria de águas pluviais e (d) Canal artificial de macrodrenagem.....	29
Figura 7 - Fluxograma de categorização das técnicas compensatórias	32
Figura 8 - Esquema representativo de RDL	34
Figura 9 - (a) Perfil esquemático e (b) exemplo de vala de infiltração.....	35
Figura 10 - (a) Perfil esquemático e (b) exemplo de trincheira de infiltração	36
Figura 11 - Telhado Verde. (a) Componentes e (b) exemplo	37
Figura 12 - Pavimentos permeáveis. (a) Esquema geral; (b) pavimento de bloco intertravados vazados; (c) concreto poroso e (d) asfalto poroso.....	38
Figura 13 - Reservatório de detenção na Second Street na cidade de Champaign, Illinois.	40
Figura 14 - Esquema geral de bacia de detenção.....	41
Figura 15 - Situação geral do reservatório sob a Praça Charles Miller	64
Figura 16 - Resevatórios Bananal e Guaraú. (a) Planta geral do reservatório Bananal e (b) Obras de construção do reservatório Guaraú	65
Figura 17 - Reservatório de detenção - Praça Júlio Andreatta.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas	26
Quadro 2 - Resumo de dispositivos empregados nas técnicas de armazenamento e infiltração	32
Quadro 3 - Impactos e regulamentação sobre o escoamento pluvial.....	43
Quadro 4 - Resumo dos padrões exigidos pelos estados da Flórida, Vermont e Pensilvânia (Estados Unidos).....	70
Quadro 5 - Resumo do Projeto de Ciclo Total da Água (Mosman Park)	71
Quadro 6 - Resumo dos padrões de armazenamento exigidos no Reino Unido.....	72
Quadro 7 - Aspectos legais para o controle de escoamento em cidades brasileiras (São Paulo, Curitiba, Rio de Janeiro, Porto Alegre e Recife)	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
Act 167	<i>Stormwater Management Act of 1978</i>
ALP	Armazenamento de Longo Prazo
APA's	Áreas de Proteção Ambiental
Aprox.	Aproximadamente
BMP	<i>Best Management Practice</i>
CBTU	Companhia Brasileira de Trens Urbanos
CG-1	Guia de Controle de Volume 1
CG-2	Guia de Controle de Volume 2
COE	Código de Obras e Edificações
CPv	Volume de Proteção de Conduto
CWA	<i>Clean Water Act</i>
DEP	Departamento de Esgoto Pluviais
EA	<i>Environmental Agency</i>
EUA	Estados Unidos das Américas
FL DEP	<i>Florida Department of Environmental Protection</i>
FWPCA	<i>Federal Water Pollution Control Act</i>
IAP	Instituto das Águas do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGRA	<i>Internation Green Roof Association</i>
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
MNSM	Manual de Águas Pluviais de Minnesota
MS4	<i>Municipal Separate Storm Sewer Systems</i>
NAS	<i>National Academy of Sciences</i>

NPDES	<i>National Pollutant Discharge Elimination System</i>
NWI	<i>National Water Initiative</i>
OSD	<i>On-Site Detention</i>
PDE	Plano Diretor Estratégico
PMJP	Prefeitura Municipal de João Pessoa
PMSB-JP	Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RDL	Reservatório de Detenção em Lote
Seinfra	Secretaria Municipal de Infraestrutura
Singreh	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SJRWMD	<i>Regulatory Plans of the St. Johns River Water Management District</i>
SMMWA	<i>Stormwater Management Manual for Western Austrália</i>
SMUL	Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento
STP	<i>Stormwater Treatment Practice</i>
Suderhsa	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
SuDS	<i>Sustainable Dranaige System</i>
TP	Total de Fósforo
TSS	Total de Sólidos Suspensos
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
US EPA	<i>United States Evironmental Protection Agency</i>
WMD	<i>Water Management Districts</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>
WSUD	<i>Water Sensitive Urban Design</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

%	por cento ou porcentagem
A	área
$A_{coberta}$	área de cobertura
A_{imp}	área impermeável
A_{lote}	área do lote
ha	hectare
l	litro
m	metro
m^2	metro quadrado
m^3	metro cúbico
mm	milímetro
NO ₃ -N	nitrato de nitrogênio
Q_{bar}	inundação anual média
$Q_{pré}$	vazão pré-urbanização ou pré-desenvolvimento
$Q_{pós}$	vazão pós-urbanização ou pós-desenvolvimento
$Q_{máx}$	vazão máxima ou de pico
s	segundo
T	período de retorno
t_c	tempo de concentração
US\$	dólar americano
V_{esc}	volume escoado
$V_{pré}$	volume pré urbanização ou pré-desenvolvimento
$V_{pós}$	volume pós-urbanização ou pós-desenvolvimento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	17
1.2 OBJETIVOS	19
1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	19
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2 CICLO HIDROLÓGICO E URBANIZAÇÃO	21
2.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO	21
2.2 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NO CICLO HIDROLÓGICO	22
3 ASPECTOS DA DRENAGEM URBANA	25
3.1 EVOLUÇÃO DA DRENAGEM URBANA	25
3.2 SISTEMAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAS	28
3.2.1 SISTEMA TRADICIONAL	28
3.2.2 SISTEMA DE MANEJO SUSTENTÁVEL	30
3.2.3 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS	31
3.2.3.1 <i>Soluções de Controle na Fonte</i>	33
3.2.3.1.1 Reservatório de Detenção em Lote (RDL)	33
3.2.3.1.2 Vala de Infiltração	34
3.2.3.1.3 Trincheira de Infiltração	35
3.2.3.1.4 Telhado Verde	37
3.2.3.1.5 Pavimento Permeável	38
3.2.3.2 <i>Soluções localizadas</i>	39
3.2.3.2.1 Reservatórios de Detenção	40
3.2.3.2.2 Reservatórios de Retenção	41
3.2.4 GESTÃO DA DRENAGEM URBANA	42
4 REGULAMENTAÇÕES PARA O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS E CONTROLE DE ESCOAMENTO EM DIVERSAS LOCALIDADES	44
4.1 ESTADOS UNIDOS	44
4.1.1 FLÓRIDA	46
4.1.2 PENSILVÂNIA	47
4.1.3 VERMONT	49
4.2 AUSTRÁLIA	50
4.2.1 AUSTRÁLIA OCIDENTAL	53
4.2.1.1 <i>Cidade de Mosman Park - Projeto de ciclo total da água</i>	54

4.3 REINO UNIDO	55
4.4 BRASIL	57
4.4.1 LEGISLAÇÕES MUNICIPAIS	58
4.4.1.1 <i>São Paulo</i>	58
4.4.1.2 <i>Curitiba</i>	60
4.4.1.3 <i>Rio de Janeiro</i>	61
4.4.1.4 <i>Porto Alegre</i>	62
4.4.1.5 <i>Recife</i>	63
4.4.2 EXEMPLOS DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS APLICADAS NO BRASIL	64
4.4.2.1 <i>Reservatório de Detenção na Av. Pacaembu – São Paulo</i>	64
4.4.2.2 <i>Reservatórios de Detenção na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo - São Paulo</i>	65
4.4.2.3 <i>Reservatório de Detenção na Av. Polônia – Porto Alegre</i>	66
5 O CASO DE JOÃO PESSOA	67
6 ANÁLISES E DISCUSSÕES	69
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, por ser um país em desenvolvimento, vem sofrendo ao longo das últimas décadas com o rápido e desordenado processo de urbanização, o que leva a mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo. Devido a isto, são cada vez maiores os problemas de inundações ocasionados pelo aumento do escoamento superficial em consequência da impermeabilização das áreas de terrenos naturais, trazendo consigo perdas econômicas, sociais e ambientais (SUDERHSA, 2002).

No contexto do Saneamento Ambiental e da Gestão de Recursos Hídricos no Brasil, a drenagem urbana tem recebido menos atenção por parte do poder público, sendo na maioria das vezes uma das últimas obras de infraestrutura a serem realizadas. Em geral, com a expansão habitacional, foca-se na instalação do sistema de abastecimento de água, posteriormente o sistema de esgotamento sanitário, o qual frequentemente é implementado anos mais tarde. Portanto, as redes são construídas em etapas isoladas, não havendo integração na concepção inicial dos sistemas.

Conforme Baptista et al. (2007), a falta de políticas públicas efetivas e ações que visem o manejo adequado e sustentável das águas pluviais, faz com que em nosso país, na maioria das vezes seja adotado o modelo higienista de drenagem urbana, no qual o objetivo é literalmente livrar-se de rapidamente do escoamento gerado na bacia, no entanto, sem atentar para as consequências causadas em regiões localizadas à jusante.

Nos últimos anos, a preocupação em relação ao aumento das enchentes em áreas urbanas vem fazendo com que haja uma busca mais intensa por técnicas que visem o controle de vazões de forma mais sustentável. Tais técnicas são ditas compensatórias (BAPTISTA et al., 2007), pois têm por objetivo exatamente compensar os efeitos gerados pela urbanização sobre o ciclo hidrológico. Desta maneira, a ideia é criar formas para garantir que as características de escoamento da bacia se aproximem ao máximo dos padrões naturais.

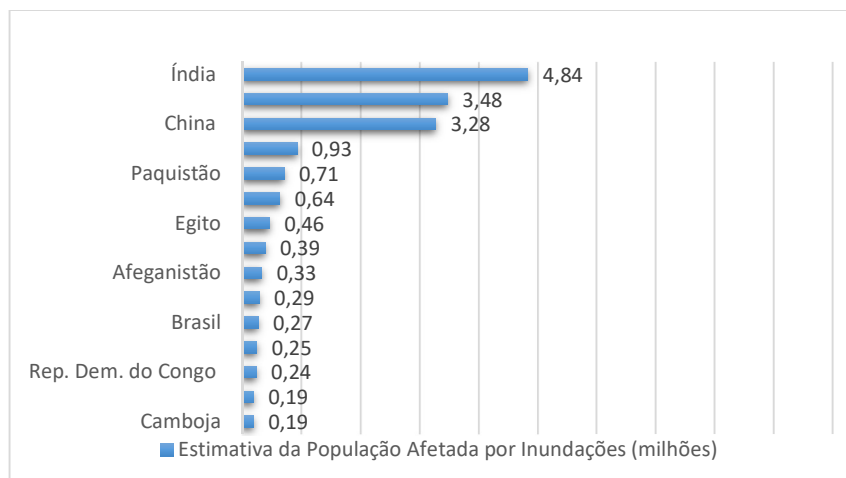
1.1 JUSTIFICATIVA E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Todos os anos diversos países sofrem com as constantes inundações causadas pelas chuvas intensas em seus grandes centros urbanos. Os prejuízos acometem diferentes esferas, seja social, econômica ou ambiental. A população sofre com as perdas materiais e, em muitos casos, a perda humana. As cidades têm seus patrimônios destruídos e a natureza paga pelas consequências das atividades humanas mal planejadas.

De acordo com dados do Instituto de Recursos Mundiais¹ (WRI), cerca de 21 milhões de pessoas sofrem com inundações causadas pelas cheias de rios em todo o mundo a cada ano. Estima-se que este número alcançará aproximadamente 54 milhões até 2030, devido à fatores climáticos e desenvolvimento socioeconômico. É possível afirmar que pessoas são mais afetadas por enchentes do que qualquer outro desastre natural (LUO et al., 2015, tradução do nossa).

O WRI classificou através da ferramenta *Aqueduct Global Flood Analyzer*, 164 países pelo número de pessoas afetadas por inundações. Através desta pesquisa, foi possível concluir que 15 países, todos subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, somam aproximadamente 80% do total populacional atingido, como mostra a Figura 1. Os Estados Unidos é o país mais desenvolvido em maior posição no ranking, contando com 167 mil pessoas atingidas todos os anos (LUO et al., 2015, tradução nossa).

Figura 1 - População atingida por inundações em todo o mundo



Fonte: Adaptado do WRI (2015)

¹ World Resources Institute

Por meio da Pesquisa de Informações Básicas Municipais - Munic 2013, o IBGE coletou dados referentes às inundações em municípios brasileiros entre os anos de 2008 e 2012. A pesquisa teve por objetivo identificar o número de cidades atingidas, edificações afetadas, pessoas desabrigadas e óbitos. As informações constaram que dos 5.570 municípios brasileiros, 1.543 (27,7%) sofreram com cheias em áreas urbanas. Um total de 655.589 edificações foram danificadas pelos eventos chuvosos, 1.406.713 pessoas ficaram desabrigadas, além da ocorrência de 455 óbitos. No estado da Paraíba, somou-se um montante de 50 cidades impactadas. O número de imóveis com complicações chegou a 6.370, deixando 21.273 desabrigados e 10 mortos, durante os 5 anos.

Em todo o Brasil, apenas 14,8% das prefeituras possuíam Lei de Uso e Ocupação do Solo com informações voltadas à prevenção de inundações, enquanto que uma quantidade ínfima de 2,6% dispunha de legislação própria para o combate a cheias, de acordo com a Munic 2013.

Segundo os resultados obtidos pela Munic 2013, 66,9% dos municípios brasileiros não possuíam nenhuma medida ou instrumento de gerenciamento de risco de desastres decorrentes de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas [...]. (IBGE, 2013).

Entre os anos de 2000 a 2010 a população paraibana cresceu 9,4%, passando de 3.443.825 habitantes, para 3.766.538. No mesmo período, João Pessoa vivenciou um aumento de 21,0%, sendo este crescimento o segundo maior do Nordeste. Isso demonstra a significativa expansão demográfica da capital, e sua relevância quando se atenta para o cenário estadual e nacional (PMJP, 2014).

João Pessoa tem passado por um crescimento habitacional muito intenso nos últimos anos, sendo o bairro do Altiplano um bom exemplo deste fenômeno. A área tem se desenvolvido em ritmo acelerado, com inúmeros prédios construídos, superfícies pavimentadas e modificadas para atender as necessidades do que se considera um bairro de alto padrão.

É importante chamar a atenção para os efeitos provocados pelas mudanças de uso e ocupação do solo na localidade, e as consequências nas regiões circunvizinhas. Além disso, há o que se questionar quanto a existência de um planejamento que vise o adequado manejo sustentável das águas da chuva, pois

observa-se de maneira clara, como nas demais partes da cidade, a aplicação de uma metodologia puramente higienista.

Pode-se perceber a necessidade de uma maior estruturação dos órgãos públicos, no que diz respeito a legislações, diretrizes e normas que visem ações para adequar os espaços urbanos às variações do ciclo hidrológico, causadas pela interferência dos seres humanos nos meios naturais.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é discutir os conceitos de drenagem urbana e sua evolução ao longo do tempo, apresentando quais são as metodologias adotadas por diversas instituições no Brasil e no mundo para o manejo de águas pluviais em meio urbano.

São objetivos específicos:

- Analisar os aspectos normativos relacionados ao manejo de águas pluviais em meio urbano para diversas localidades do Brasil e do mundo;
- Verificar a aplicação de técnicas compensatórias para um manejo sustentável nas cidades;
- Avaliar a situação do município de João Pessoa no que diz respeito a drenagem urbana.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Uma vez que a drenagem urbana é um campo muito vasto de estudo, trazendo consigo inúmeras possibilidades de discussões e análises, este trabalho se detém à pesquisa de medidas exigidas por parte de instituições e órgãos públicos presentes nos Estados Unidos, Austrália, Reino Unido (escolhidos pelo excelente histórico quando se trata de gestão de águas pluviais) e Brasil, com ênfase para a obrigatoriedade da aplicação de técnicas compensatórias como componentes da drenagem urbana moderna para controle do volume de escoamento superficial produzido em áreas urbanas. Com base nesta pesquisa, espera-se comparar e diagnosticar a situação da gestão empregada na cidade de João Pessoa.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho se encontra dividido em 7 capítulos distintos. Inicialmente, são apresentadas no capítulo 1 as informações introdutórias e as justificativas que motivaram a realização da pesquisa, assim como os objetivos do trabalho. Logo em seguida, sucedem três capítulos que compõem o referencial teórico, e que embasam e contextualizam o tema do presente estudo.

No capítulo 2 são apresentados dados sobre o processo de urbanização, com ênfase para o Brasil, e os impactos causados por este processo sobre o ciclo hidrológico. O capítulo 3 traz uma descrição dos aspectos da drenagem urbana, com detalhes a respeito da evolução do conceito da drenagem urbana ao longo da história e principais razões para as mudanças nas metodologias abordadas, expõe também as definições para os sistemas tradicional e sustentável de manejo de águas pluviais, caracterizando uma série de técnicas compensatórias como parte da metodologia sustentável. Discute ainda as definições e atributos de gestão, explicando como ela deve acontecer.

Os dois capítulos subsequentes são caracterizados pelo contexto da gestão da drenagem urbana, levantamento de informações e dados, e análise do cenário atual da gestão de águas pluviais em diversas localidades. O capítulo 4 relata os aspectos normativos e legais que são aplicados em algumas partes do mundo e no Brasil para melhor gestão, através da obrigatoriedade de adoção de medidas que reduzam a geração de escoamento superficial.

O capítulo 5 por sua vez, retrata a situação do município de João Pessoa dentro da temática definida e busca analisar as razões pelas quais o problema ainda é tão presente. Já o capítulo 6, consiste nas análises e comentários sobre as informações presentes nos capítulos 4 e 5.

Por fim, o capítulo 7 refere-se as conclusões retiradas com base nas etapas elaboradas neste trabalho.

2 CICLO HIDROLÓGICO E URBANIZAÇÃO

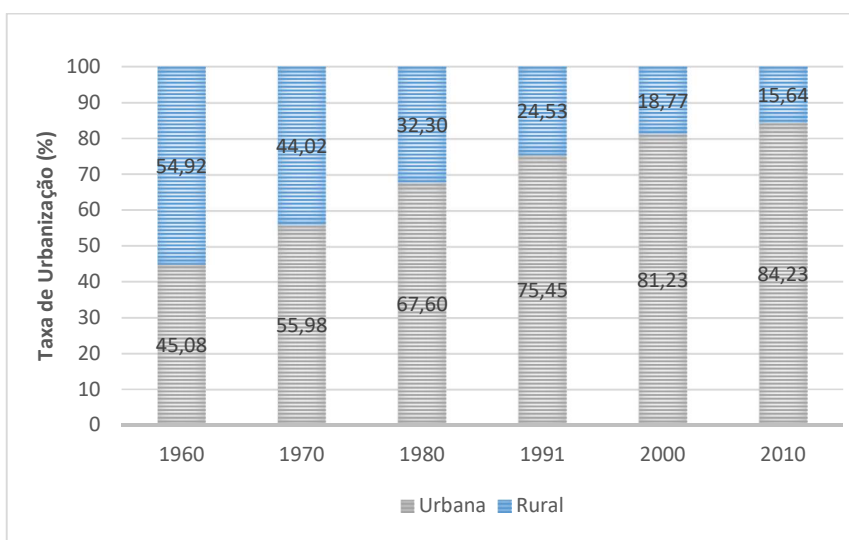
2.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

Segundo dados das Nações Unidas, a população urbana mundial passou de 30% em 1950 para 54% em 2014. Estima-se que em 2050 este total seja de 66%. As regiões mais urbanizadas atualmente são: América do Norte (82% em 2014), América Latina e Caribe (80%), e Europa (73%). O crescimento contínuo da população e a urbanização deverão aumentar em 2,5 bilhões de pessoas a população urbana mundial em 2050 (UN, 2014, tradução do nossa).

Dados dos Censos Demográficos realizados pelo IBGE demonstram que, até meados do século XX, a maior parte da população brasileira residia em áreas rurais. Foi a partir da década de 1970 que o número de habitantes das cidades superou 50% do total nacional. Desde então, este processo vem ocorrendo de forma descontrolada e sem ou quase nenhum planejamento dos meios urbanos que seja realmente efetivo (IBGE, 2010).

O censo demográfico de 2010 realizado pelo IBGE, estimou uma população urbana de 160.925.792 habitantes, o que corresponde a mais de 80% do total populacional para o mesmo período (IBGE, 2010). A evolução da urbanização no país pode ser vista de forma simplificada na Figura 2, com dados a datar de 1960.

Figura 2 - Taxa de urbanização do Brasil



Fonte: Elaborada pelo autor (2017)²

² Os dados presentes na Figura 2, fazem parte das informações referentes aos censos demográficos realizados pelo IBGE.

O aumento da população urbana em tão pouco tempo, trouxe consequências para as cidades, como a ocupação de áreas de risco e a alteração das características naturais dos terrenos. A falta de planejamento com respeito ao uso e ocupação do solo de forma adequada, elevou a taxa de impermeabilização nos grandes centros urbanos, resultando no agravamento das cheias causadas pelo acréscimo do escoamento superficial.

2.2 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NO CICLO HIDROLÓGICO

Na formação das cidades, as ocupações acontecem prioritariamente das partes mais baixas (próximas aos rios), evoluindo para as áreas mais altas. Isto implica dizer que o desenvolvimento se inicia nas planícies de inundação, interferindo diretamente no funcionamento inerente à bacia hidrográfica local.

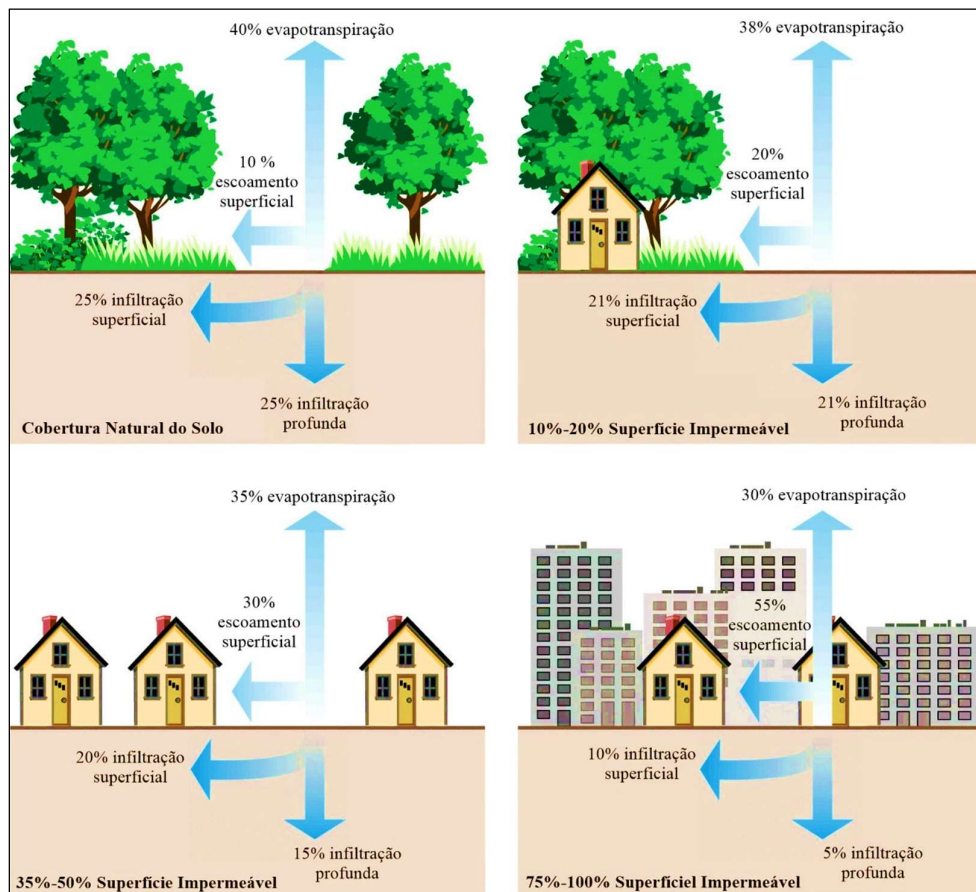
Quando o terreno se encontra em condições naturais, há maior facilidade para a precipitação infiltrar no solo, parcelas mais expressivas são retidas pela vegetação e armazenadas em depressões. Conforme se dá o processo de urbanização, cresce o número de áreas impermeáveis, e conseqüentemente, mais escoamento superficial é gerado. (TUCCI, 2007 apud TUCCI, 2016).

Tucci (2008) apresenta os seguintes impactos como resultado da urbanização:

- aumento das vazões máximas em várias vezes e da sua frequência em virtude do aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies;
- aumento da produção de sedimentos pela falta de proteção das superfícies e pela produção de resíduos sólidos (lixo);
- a deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, em razão de lavagem das ruas, transporte de material sólido e de ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial (poluição difusa).

A Figura 3 ilustra as alterações nas componentes do ciclo hidrológico, ao passo em que a taxa de impermeabilização aumenta devido à ocupação humana.

Figura 3 - Relação entre superfícies impermeabilizadas e escoamento superficial



Fonte: Adaptado do FISRWG (1998)

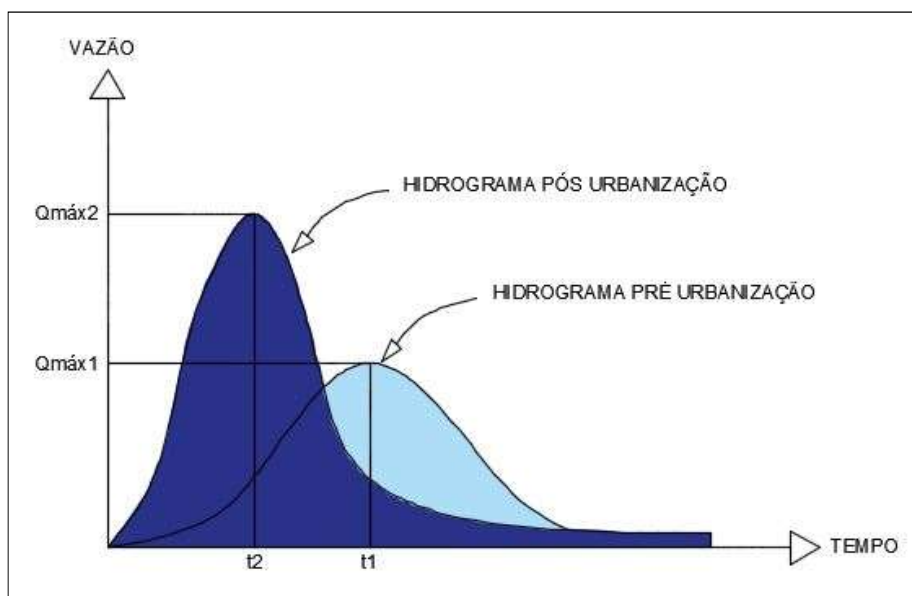
É possível perceber o aumento da geração de escoamento superficial, à medida que os níveis de impermeabilização crescem. Enquanto que em condições de pré-urbanização, apenas 10% do que precipita é convertido em escoamento, na situação em que as superfícies impermeáveis variam entre 75% a 100% (comum em grandes cidades), este valor chega até 55%. Este fator associado ao mau planejamento dos sistemas de drenagem, acarreta nos problemas de inundações comumente vivenciados pela população, e que podem ser intensificados pela má disposição dos resíduos sólidos.

Para entender o que causa a intensidade das cheias nos ambientes urbanos, é necessário analisar as variações nos hidrogramas de fluxos das bacias de drenagem. Nunes e Fiore (2008) realizaram um estudo simulando a relação entre a impermeabilização do solo e o aumento no pico de vazão de cheia para a bacia do rio Atuba, no estado Paraná, com base na área impermeável existente para os anos de 1962, 1980, 2000 e uma projeção para 2020. Dentre os diversos resultados obtidos,

conclui-se que para chuvas com períodos de retorno de 5, 10 e 25 anos, respectivamente, houve um aumento das vazões máximas de 72,65%, 71,42% e 75,37%, devido a uma variação da taxa de impermeabilização de 4,5% em 1962 para 30% em 2000.

De maneira simplificada, o que de fato ocorre é: o escoamento que acontecia lentamente sobre as coberturas permeáveis passa a ocorrer de forma mais rápida, diminuindo o tempo de resposta das áreas urbanas, como resultado da redução da infiltração. Os efeitos desse processo sobre as vazões geradas podem ser percebidos nos hidrogramas da Figura 4.

Figura 4 - Alteração do hidrograma de cheia devido à urbanização



Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

Pode-se concluir que as alterações do uso e ocupação do solo causam um aumento significativo do pico de vazão, além de sua antecipação, quando comparado ao hidrograma da bacia em estado natural. Por consequência, há uma concentração do volume escoado em um curto espaço de tempo.

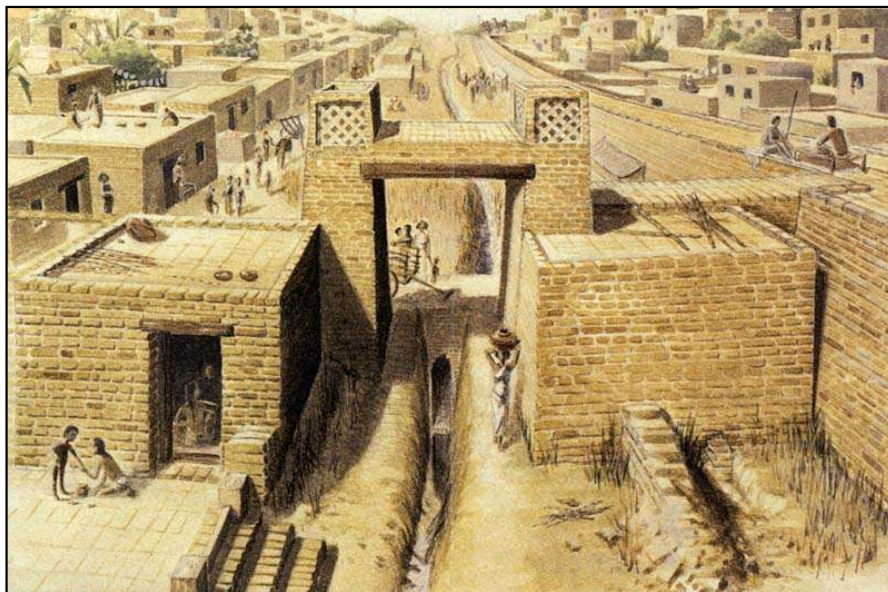
3 ASPECTOS DA DRENAGEM URBANA

3.1 EVOLUÇÃO DA DRENAGEM URBANA

Com o estabelecimento de cidades próximas aos grandes rios do Oriente Médio por volta do ano 4000 a.C, cuja base de desenvolvimento estava na agricultura irrigada, veio a necessidade de controle das inundações nos períodos de cheia. Foi o povo sumério o responsável por disseminar o cultivo irrigado em grande escala, ao desviar as águas dos Rios Tigres e Eufrates para alcançar áreas mais afastadas, e até então sem possibilidade de desenvolvimento agrário. Foi a partir deste momento, que grandes obras de engenharia, como diques ao redor das cidades, foram desenvolvidas para conter as enchentes (FERNANDES, 2002).

De acordo com Rezende (2014), a drenagem funcionava inicialmente como um suporte as atividades agrícolas; porém, com o passar do tempo foi aprimorada, e suas técnicas foram voltadas para a execução de outros tipos de serviços, como o melhoramento de terrenos naturalmente inundados e na construção de condutos subterrâneos para redirecionar águas do subsolo em áreas a serem construídas; a exemplo da cidade de Harappa, estabelecida as margens do rio Ravi, onde hoje se localizam o Paquistão e a Índia, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Ilustração de uma comporta e um canal de drenagem em Harappa



Fonte: Aquafluxus (2014)

Desde esta época até os dias atuais, o conceito de drenagem urbana vem evoluindo com o surgimento de novas técnicas e ações para melhoria do manejo das águas pluviais urbanas. Tucci (2008) divide a história das águas urbanas em quatro fases distintas: pré-higienista, higienista, corretiva e desenvolvimento sustentável (Quadro 1).

Quadro 1 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas

Fase	Características	Consequências
<i>Pré-higienista</i> : 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.
<i>Higienista</i> : 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.
<i>Corretiva</i> : 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.
<i>Desenvolvimento sustentável</i> : 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)

Embora as fases sejam divididas cronologicamente, não significa necessariamente que situações com características pré-higienistas, por exemplo, não aconteçam atualmente. Na verdade, em países em desenvolvimento como o Brasil, todas as etapas podem ocorrer simultaneamente em uma mesma localidade. O que de fato acontece, é que a partir da década de 90 surge uma nova visão voltada para o desenvolvimento sustentável e para a importância de se integrar as obras de drenagem ao planejamento das cidades, a fim de melhorar a qualidade de vida e preservar ao máximo o meio ambiente.

Até o início do século XX, prevalecia a fase cuja ideia principal é conhecida por *Tout à l'égout*, do francês "Tudo ao esgoto". Todo esgoto era despejado em fossas ou lançados nas ruas para escoar a céu aberto sem nenhum tratamento, juntamente

com as águas pluviais. Devido a isto, houve um grande crescimento de vetores causadores de doenças, gerando grandes epidemias e uma alta taxa de mortalidade (REZENDE, 2014).

Conforme as cidades se estabeleciam, mais pessoas deixavam o campo para viver nelas, agravando ainda mais os problemas por causa da urbanização desenfreada. Foi a partir daí que um novo conceito surge, visando trazer soluções para a problemática existente. Chamado de conceito higienista, e que se estabeleceu como ideia principal do início do século XX até os anos de 1970, consistia basicamente em livrar as cidades o mais rápido possível das fontes poluidoras e causadoras de doenças. Canalizações levavam ao mesmo tempo as vazões geradas pela chuva e o esgoto produzido pela população, até os corpos d'água mais próximos (BAPTISTA; CARDOSO, 2013).

Uma vez empregadas, as novas medidas diminuíram a proliferação de doenças e número de mortes, funcionando para o objetivo ao qual foram implementadas. Entretanto, havia um problema decorrente destas ações: a degradação dos rios, mananciais e áreas à jusante. Inicia-se então um processo de tentativa de recuperação desses meios, implicando em um novo conceito para o saneamento ambiental.

Foi entre anos de 1970 e 1990, que se estabeleceu a fase na qual as medidas corretivas eram o principal foco de atuação. A primeira e principal medida, foi a criação do sistema separador absoluto, o qual é adotado até hoje e consiste na captação das águas pluviais por canalizações separadas. Grandes investimentos em tecnologias para o tratamento do esgoto, com a finalidade de diminuir sua carga poluidora, foram realizados, melhorando a qualidade das fontes de abastecimento que serviam as cidades. Outras medidas, como o emprego de sistemas de amortecimento de vazões, surgiram neste período (SILVEIRA, 1998).

Apesar do “sucesso” alcançado, novos problemas foram observados. Aparentemente, apesar de todo tratamento dado ao esgoto sanitário, ainda havia uma certa quantidade de carga poluidora contaminando os corpos hídricos. Percebe-se então que a água pluvial drenada e lançada nos rios trazia consigo as impurezas carregadas ao longo do percurso, gerando a denominada poluição de origens difusas (TUCCI, 2008).

No ano de 1992, acontece na cidade do Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92)³. Entre as diversas discussões, foi firmada em 14 de junho a Agenda 21⁴. Nela constam as diretrizes que servem de guia para um planejamento participativo que vise o desenvolvimento sustentável. Em seu capítulo 7 - “Promoção do Desenvolvimento Sustentável dos Assentamentos Humanos”, podemos destacar duas áreas de atuações principais:

(a) promover o planejamento e o manejo sustentáveis do uso da terra;

(b) promover a existência integrada de infraestrutura ambiental: água, saneamento, drenagem e manejo de resíduos sólidos;

A partir desse momento, dá-se início a fase cujo o conceito é o desenvolvimento sustentável. Surge uma nova visão relacionada ao planejamento das cidades e os impactos da urbanização no ciclo hidrológico. Muda-se a perspectiva de apenas corrigir problemas já existentes, para uma abordagem de prevenção e inserção de métodos de drenagem que funcionem em harmonia com as mudanças geradas pela ocupação, e consequentes alterações do uso do solo.

3.2 SISTEMAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAS

3.2.1 SISTEMA TRADICIONAL

Os sistemas mais tradicionais de drenagem são aqueles que tem como principal objetivo livrar os meios urbanos das águas pluviais o mais rápido possível, sendo este o modelo higienista de gestão, como citado anteriormente. Neste caso, não há uma visão do todo, sendo os problemas resolvidos pontualmente, sem atentar

³ “A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também chamada de Rio 92, ECO 92 ou Cúpula da Terra, ocorreu em junho de 1992 no Rio de Janeiro e é considerada pela ONU a mais importante conferência sobre meio ambiente e desenvolvimento. O encontro teve como principal tema a discussão sobre o desenvolvimento sustentável e sobre como reverter o processo de degradação ambiental. O evento foi acompanhado por todo o mundo e contou com a participação de 100 chefes de Estado, representantes de 178 países e cerca de 17 mil participantes” (Fonte: Empresa Brasil de Comunicação).

⁴ A Agenda 21 é um documento assinado em 14 de junho de 1992, no Rio de Janeiro, por 179 países, resultado da “Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento” – Rio 92, podendo ser definida como um “instrumento de planejamento participativo visando o desenvolvimento sustentável”.

para a propagação dos efeitos nas áreas circunvizinhas. São considerados apenas os aspectos hidráulicos e hidrológicos da bacia.

Pode-se dividir esse tipo de sistema em dois grupos de estruturas distintas: microdrenagem e macrodrenagem. De forma simples, o sistema de microdrenagem configura-se como a rede de captação e condução a nível primário, no qual as águas captadas são levadas até os corpos d'água próximos ou condutos de macrodrenagem. Composto por sarjetas, bocas de lobo, galerias e poços de visitas; em geral atua a nível de lotes e quadras. Já o sistema de macrodrenagem é composto pelos canais (naturais ou artificiais) receptores das redes de microdrenagem (BAPTISTA et al., 2007).

A Figura 6 apresenta os elementos que compõe o sistema de micro e macrodrenagem.

Figura 6 - Elementos da micro e macrodrenagem. (a) Execução de sarjeta; (b) Boca de lobo; (c) Galeria de águas pluviais e (d) Canal artificial de macrodrenagem



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: (a) Estância Climática de Cunha (2013); (b) Portal do Projetista (2016); (c) Fibria (2015) e (d) PB Agora (2013)

Muito embora os rios, riachos e córregos sejam formas naturais de acomodação do escoamento pluvial, modificações no tipo de revestimento, geometria ou até mesmo no percurso são feitas com o objetivo de garantir maior velocidade de fluxo. Em várias situações os corpos hídricos são revestidos com materiais de baixa rugosidade, com a finalidade de diminuição do atrito. Suas seções são alargadas e adota-se uma geometria regular para aumentar o volume captado e assegurar o maior controle da vazão.

Apesar de inicialmente funcionarem bem para rápida absorção da lâmina d'água gerada, em termos quantitativos, com o passar do tempo e expansão urbana se tornam obsoletos. Aumentam-se os gastos devido à necessidade de reparos e adaptações nas redes. Além disso, não atentam para a qualidade da água que será disposta mais adiante.

3.2.2 SISTEMA DE MANEJO SUSTENTÁVEL

Diferente do sistema convencional, tem como principal ideia a adoção de tecnologias e metodologias capazes de minimizar ou neutralizar os efeitos da urbanização, objetivando uma harmonização da bacia urbanizada com o ciclo hidrológico local. Não considera a área gerida isoladamente, mas em conjunto, contemplando a possível transferência dos impactos.

Tucci (2005) relata uma série de conceitos e ações primordiais para o manejo sustentável das águas pluviais, tanto para as enchentes naturais de várzea quanto para as desencadeadas pela urbanização, conforme apresentados a seguir:

- Consideração sistêmica da bacia, na qual sejam planejadas ações globais;
- A compatibilização das medidas de controle (estruturais e não-estruturais) no conjunto da bacia;
- Adoção de instrumentos responsáveis por guiar a implantação das medidas de controle de enchentes, como planos diretores, legislações e manuais;
- Planejamento da expansão ocupacional nas áreas passíveis de desenvolvimento futuro, além das já existentes quando possível;
- Foco voltado para os critérios sustentabilidade:

- i. não ampliação das cheias naturais;
 - ii. priorização dos mecanismos naturais de escoamento;
- Controle permanente e contínuo;
 - Investimentos em educação para os profissionais da área, responsáveis pela administração pública e principalmente da população;
 - Melhoria na administração por parte dos órgãos municipais nos processos que visem a melhoria da drenagem urbana.

Dentro deste enquadramento, uma das principais estratégias para o controle de cheias é utilização de técnicas compensatórias, como são conhecidas no Brasil. Essas técnicas são implementadas como parte dos sistemas de drenagem e a escolha do tipo depende de vários fatores que influenciam no contexto de cada projeto. Quando projetadas e geridas adequadamente, podem promover melhorias na qualidade de vida da população, recuperação e preservação do meio ambiente.

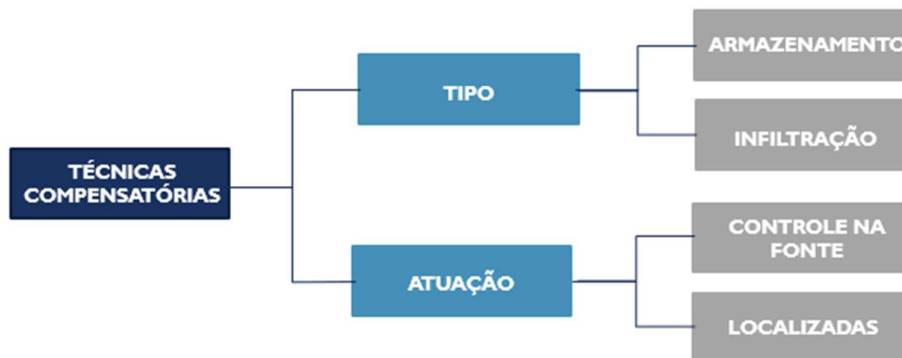
3.2.3 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS

Para Canholi (2014), medidas compensatórias ou alternativas são aquelas que fogem do padrão tradicional já estabelecido, porém não necessariamente trabalham isoladamente dos sistemas convencionais. Podem servir como elementos associativos que visem aprimorar e adaptar para fins de otimização, através de estruturas, obras, dispositivos ou da utilização de conceitos inovadores. O autor declara:

As medidas não convencionais em drenagem urbana podem ser entendidas como estruturas, obras, dispositivos ou mesmo como conceitos diferenciados de projetos, cuja utilização não se encontra disseminada. São soluções que diferem do conceito tradicional de canalização, mas podem estar a ela associadas, para adequação ou otimização do sistema de drenagem. (CANHOLI, 2014, p.31).

As técnicas compensatórias podem ser divididas em dois grupos principais, que dizem respeito ao tipo ou nível de atuação (ver Figura 7).

Figura 7 - Fluxograma de categorização das técnicas compensatórias



Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

Miguez et al. (2016) enfatiza a existência de duas categorias principais quando se trata de tipologia. Uma delas tem seu enfoque voltado para o armazenamento e recuperação da capacidade de retenção da bacia, enquanto que a outra prioriza a infiltração da água precipitada no solo.

Por outro lado, a depender de sua escala espacial de atuação, podem ser divididas em soluções de controle na fonte e soluções localizadas. A primeira consiste em distribuir elementos na área urbana para atuar sobre o controle em pequenas parcelas urbanas (lotes, ruas, praças), já a segunda controla o escoamento produzido por áreas maiores à jusante da contribuição.

No Quadro 2 a seguir, é apresentado um resumo de alguns dispositivos usados em cada categoria com base no que é descrito por Miguez et al. (2016).

Quadro 2 - Resumo de dispositivos empregados nas técnicas de armazenamento e infiltração

TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS	
Medidas de Armazenamento	Medidas de Infiltração
<ul style="list-style-type: none"> • Reservatórios de detenção • Reservatórios de retenção • Reservatórios de lote 	<ul style="list-style-type: none"> • Pavimento permeável • Vala de Infiltração • Trincheira de Infiltração • Telhado Verde

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

3.2.3.1 Soluções de Controle na Fonte

Canholi (2014) descreve que soluções de controle na fonte são compostas por dispositivos de pequenas dimensões e localizados próximos aos locais onde os escoamentos são gerados. São importantes ferramentas para o controle de poluição difusa e devem ser vistas como complementares as soluções localizadas. Segundo o autor, suas principais vantagens são:

- maior flexibilidade para encontrar locais propícios para instalação dos dispositivos;
- os dispositivos podem ser padronizados;
- aumento da eficiência de transporte de vazão dos canais existentes;
- melhoria da qualidade da água e recarga dos aquíferos;
- valorização da água no meio urbano.

Por outro lado, o autor relata algumas desvantagens, como seguem:

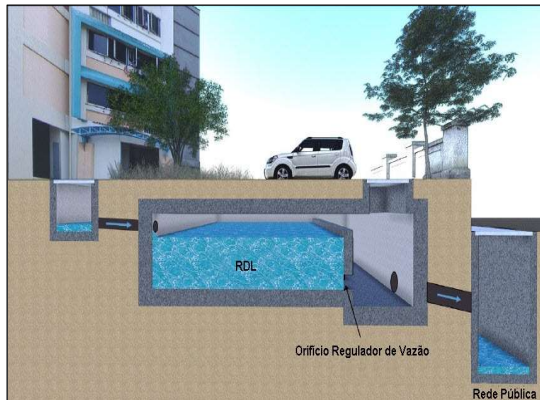
- capacidade de investimento dos proprietários privados;
- difícil fiscalização de operação e manutenção;
- conflito de interesse com o uso da água da chuva;
- efetividade no controle de cheias na bacia como um todo.

Existem diversos dispositivos para a controle de escoamento na fonte, dos quais podemos destacar: reservatórios de detenção em lote, valas e trincheiras de infiltração, telhados verdes e pavimentos permeáveis.

3.2.3.1.1 Reservatório de Detenção em Lote (RDL)

Segundo Costa Junior e Barbassa (2006), RDLs são estruturas concebidas para armazenar temporariamente a água da chuva captada em edificações e para seu posterior e gradual lançamento nas redes públicas. Em geral, são subterrâneos e responsáveis por auxiliar no combate aos efeitos da impermeabilização, através da restauração das condições naturais da bacia hidrográfica, por meio do armazenamento de parte da precipitação; e, contribuem para o controle distribuído do escoamento (ver Figura 8).

Figura 8 - Esquema representativo de RDL



Fonte: Pearl-kb (s.d.)

No caso de países em desenvolvimento como o Brasil, o uso destes dispositivos pode ser considerado uma opção viável, uma vez que há possibilidade de serem construídos em lotes já edificados (não sendo impedidos pelos avanços da urbanização, devido ao seu pequeno porte). Adequam-se as mais diversas tipologias habitacionais e outras formas de construção. Pode-se destacar as instalações industriais, residências, prédios públicos e escolas (SUDERHSA, 2002).

Para a ABCP (2013b), as principais vantagens relacionadas ao uso de RDLs estão ligadas a possibilidade de aplicação do volume morto de água (caso seja projetado com essa característica) para atividades fins não potáveis, sua capacidade de armazenamento do escoamento superficial direto e o fato de serem enterrados, o que gera baixa interferência no uso e ocupação do solo. Entretanto, deve-se atentar para seu custo de implantação relativamente alto e a necessidade de projetá-lo para fácil acesso para realização das manutenções.

3.2.3.1.2 Vala de Infiltração

São descritas como valas cobertas por vegetação (principalmente grama), como na mostrado na Figura 9, empregadas em maior escala nas proximidades de ruas e estradas, ou em lotes de estacionamento, com objetivo de favorecer a infiltração local (CANHOLI, 2014). Funciona como um pequeno canal promovendo a desaceleração do escoamento, havendo possibilidade da inserção de pequenas barragens para intensificar o processo (SUDERHSA, 2002).

Figura 9 - (a) Perfil esquemático e (b) exemplo de vala de infiltração



Fonte: (a) Adaptado do Inovvyze (s.d.) e (b) NO TECH MAGAZIN (2015)

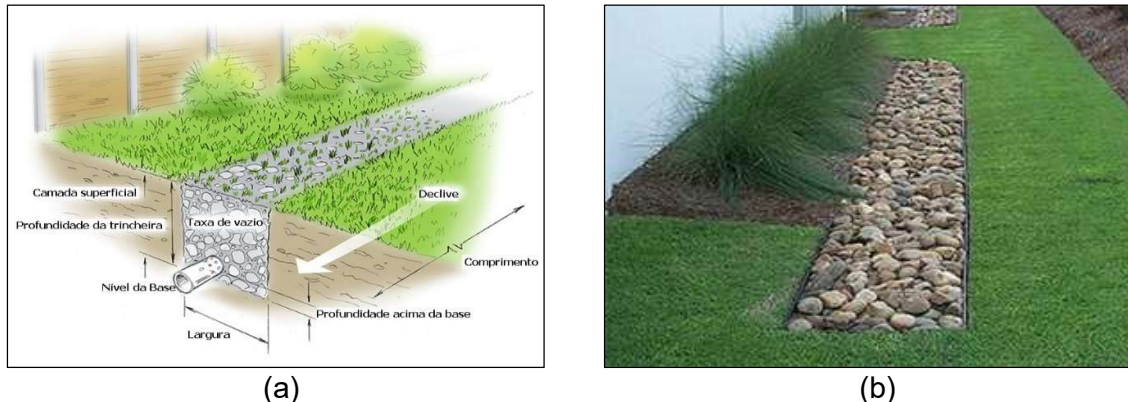
Para Canholi (2014), as valas de infiltração são capazes de proporcionar uma melhor qualidade da água, tanto pela sedimentação das partes sólidas quando há retenção do volume recebido, quanto pela filtração propiciada pela vegetação. Esclarece ainda que devem ter largura máxima de 2 m, margens com inclinação 3:1 e declividade longitudinal de 1%.

Miguez et al. (2016) destaca a importância da manutenção periódica para evitar o assoreamento devido o material erodido e carregado. Além disso, aponta sua influência na redução da velocidade do escoamento, redução da descarga de pico e seu custo consideravelmente baixo.

3.2.3.1.3 Trincheira de Infiltração

Para Peiter e Poletto (2012), as trincheiras de infiltração são uma dada forma de técnica compensatória com estrutura longitudinal, ou seja, o seu comprimento é bem superior à sua largura, capazes de armazenar a água precipitada durante o tempo necessário para sua infiltração. Podem ser preenchidas com cascalho ou outros agregados, sendo revestidas com geotêxtil e cobertas por solo; e, em alguns casos há possibilidade do uso de tubulações perfuradas para garantia da distribuição satisfatória das águas pluviais ao longo do sistema (ver Figura 10).

Figura 10 - (a) Perfil esquemático e (b) exemplo de trincheira de infiltração



Fonte: (a) Adaptado do Innovyze (s.d.) e (b) SuDS Wales (s.d)

Recomenda-se à aplicação deste tipo de estrutura em áreas residenciais e comerciais com níveis de ocupação que variem de médio a alto. É necessário analisar se o solo tem capacidade infiltração suficiente para a vazão estimada, e também, se o lençol freático está a uma profundidade tal, que não haja risco de contaminação (MIGUEZ et al., 2016).

Segundo a instituição *Lille Métropole Services Urbains* (2012, tradução nossa), as principais vantagens advindas do uso de trincheiras de infiltração são:

- redução dos picos de vazão e dos volumes que fluem para os exutórios (caso exista);
- recarga dos lençóis freáticos;
- despoluição efetiva da água da chuva por filtração, através das camadas granulares;
- baixo custo;
- fácil execução e manutenção;
- boa integração com a paisagem urbana;
- baixo índice de ocupação do solo;
- são adequadas para áreas planas onde a drenagem das águas pluviais é difícil de implementar;
- podem ser acopladas a outras técnicas alternativas (servem como sistema de drenagem no fundo da bacia, por exemplo).

3.2.3.1.4 Telhado Verde

Os telhados verdes constituem uma solução em pequena escala, podendo ser aplicada nas mais diversas formas de edificações (ver Figura 11). A Aquafluxus afirma:

O telhado verde é uma técnica construtiva que dispõe do cultivo de plantas e vegetação nas coberturas das construções, podendo esta ser contada como área permeável. Além de trazer mais verde para as selvas de concreto, a água que infiltra nos jardins suspensos pode ser drenada e reaproveitada, aliviando o sistema de drenagem das cidades. (AQUAFLUXUS, s.d, p. 34).

A utilização desta técnica promove valorização comercial da construção em questão, e quando comparado as grandes estruturas empregadas para o mesmo fim, torna-se viável por seu custo benefício. Entretanto, deve-se atentar para suas necessidades específicas, como o reforço da estrutura para suportar a carga adicional, adequada impermeabilização para evitar transtorno com infiltrações, um sistema de drenagem bem executado e a escolha do tipo de vegetação (ABES, 2009).

Figura 11 - Telhado Verde. (a) Componentes e (b) exemplo



Fonte: (a) São Geraldo (2015) e (b) Adaptado do UGREEN (2015)

A Associação Internacional de Telhado Verde (IGRA)⁵ evidencia a importância dos telhados verdes como ferramenta na prevenção de inundações locais e no equilíbrio do ciclo hidrológico, pois dependendo do sistema e da profundidade do cultivo, o escoamento imediato à precipitação pode ser reduzido em 50-90%. Grande parte de água volta à atmosfera pela evapotranspiração, e como resultado tem-se a atenuação da sobrecarga das redes de captação (IGRA, s.d., tradução nossa).

⁵ *International Green Roof Association*

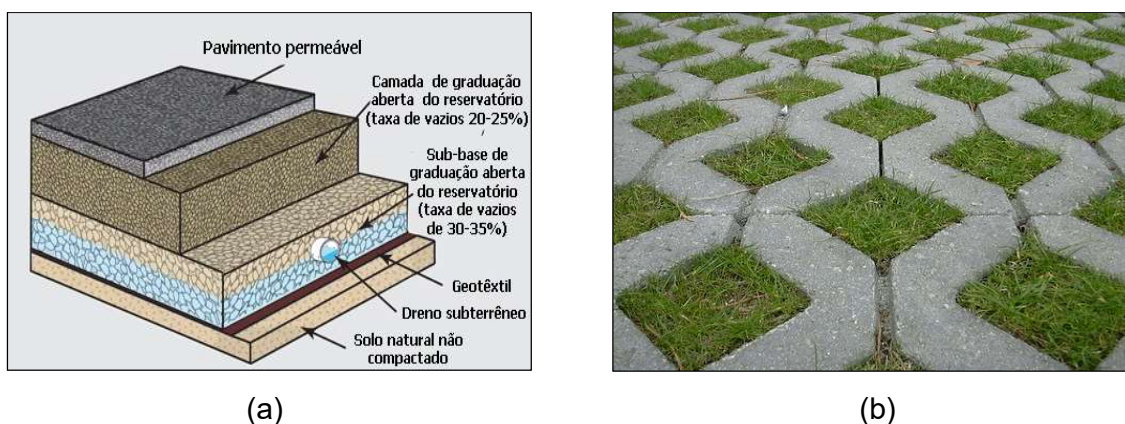
3.2.3.1.5 Pavimento Permeável

A fim de minimizar as altas taxas de impermeabilização, porém sem impedir o avanço da urbanização, os pavimentos permeáveis constituem uma alternativa de grande importância para a drenagem urbana atual. O Manual de Águas Pluviais de Minnesota (MNSM) de 2005, define este tipo de estrutura como superfícies pavimentadas que possibilitam a infiltração do escoamento através de seus vazios, direcionando a água para um reservatório constituídos de pedras com a finalidade de armazenamento ou infiltração. Descreve:

Pavimentos permeáveis reduzem a quantidade de escoamento ao permitir que a água passe através das superfícies que em outra situação seriam impermeáveis. A água pode tanto infiltrar no solo, se sua taxa de permeabilidade permitir, ou ser transferido para outras BMPs⁶ ou um sistema de drenagem subterrâneo. (Minnesota Stormwater Steering Committee, 2005, p. 19, cap. 12., vol. 2, tradução nossa).

Dentre os diversos tipos conhecidos, os mais comumente utilizados são: concreto permeável, asfalto poroso e blocos de concreto intertravados. Todos possuem estruturas similares à descrita anteriormente, incluindo em alguns casos, o uso de geotêxtil para separação dos materiais de diferentes gramaturas, impedindo a colmatagem dos reservatórios (PA DEP, 2006, tradução nossa). Exemplos de pavimentos permeáveis são apresentados na Figura 12.

Figura 12 - Pavimentos permeáveis. (a) Esquema geral; (b) pavimento de bloco intertravados vazados; (c) concreto poroso e (d) asfalto poroso



⁶ Best Management Practices (BMPs) ou Melhores Práticas de Gestão, em português, é o conjunto de atividades e tecnologias empregadas para melhorar a gestão de águas pluviais.



(c)



(d)

Fonte: (a) AGGMAN, 2017; (b) PAV BRASIL, s.d; (c) PINI, 2011 e (d) Cultura Mix.com

De acordo com o MNSM (2005, tradução nossa) os pavimentos permeáveis apresentam de um modo geral os seguintes benefícios:

- Bom para áreas com altas taxas de impermeabilização, principalmente em áreas de estacionamento;
- Reduz a necessidade de outras soluções, uma vez que diminui o escoamento superficial;
- O custo de construção de alguns sistemas é mais baixo do que para pavimentos convencionais;
- Sistemas de solo melhorado com vegetação resistem à compactação, aumentam a infiltração e fornece solos para uma vegetação mais saudável.

3.2.3.2 Soluções localizadas

Também conhecidas como soluções de controle a jusante, 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. No geral, os dispositivos mais comumente empregados são os denominados reservatórios de amortecimento (também conhecidos como bacias), que podem ser de detenção ou retenção (TUCCI, 2006).

3.2.3.2.1 Reservatórios de Detenção

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) define os reservatórios de retenção em seu manual intitulado “Projeto Técnico: Reservatórios de Detenção” como sendo “... estruturas de acumulação temporária das águas de chuva, que contribuem para a redução das inundações urbanas” (ABCP, 2013a, p. 3). Considera ainda que apesar de ter como principal função o amortecimento das ondas cheias e controle das inundações urbanas, pode também ser aplicado para o controle da qualidade da água armazenada, através da captação de sedimentos e detritos (ver Figura 13).

Figura 13 - Reservatório de retenção na Second Street na cidade de Champaign, Illinois.



Fonte: City of Champaign (2010)

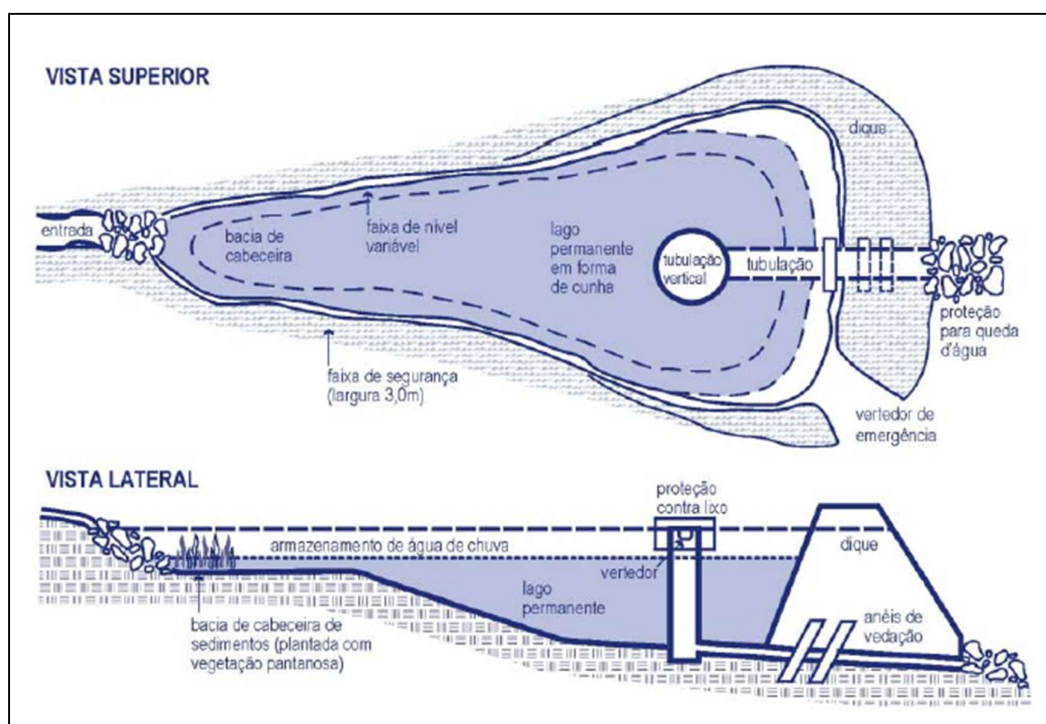
Ainda segundo a ABCP (2013a), os reservatórios de retenção são indicados nos seguintes casos:

- Bacias hidrográficas urbanas altamente impermeabilizadas e densamente povoadas, onde o reforço ou ampliação dos canais e galerias de drenagem existentes torna-se muito oneroso ou inviável;
- bacias onde ocorrem inundações que causem grandes perdas materiais e humanas para a população;
- em áreas de terrenos ociosos e degradados, possibilitando a criação de áreas verdes e de lazer, valorizando a presença da água e aumentando a qualidade de vida da região.

3.2.3.2.2 Reservatórios de Retenção

Segundo a *National Academy of Sciences* (NAS) (2008, tradução nossa), as bacias de retenção são instalações que se aplicam ao controle de inundações e que tratam as águas pluviais utilizando uma porção permanente do volume retido para remover através da sedimentação, absorção biológica e filtração por plantas, poluentes comuns ao escoamento (ver Figura 14).

Figura 14 - Esquema geral de bacia de detenção



Fonte: Schueler (1987) apud SUDERHSA (2002)

Este dispositivo vem ganhando o cenário da drenagem urbana sustentável, pois sua adoção poupa a rede existente de possíveis ampliações e adaptações. Ademais, possibilita o controle da vazão máxima, impedindo que excedam os limites hidráulicos previstos para as canalizações. (MATIAS, 2006). Além disso, também se adaptam perfeitamente ao paisagismo local

3.2.4 GESTÃO DA DRENAGEM URBANA

A gestão da drenagem urbana é caracterizada por medidas como: legislação para controle dos impactos devido ao desenvolvimento sobre o sistema de rios urbanos e gerenciamento municipal para drenagem urbana e controle dos impactos. A legislação estabelece requisitos de controle e incentivos para a sustentabilidade da drenagem urbana da cidade existente, e planejada para o futuro. Enquanto que a gestão consiste nos procedimentos que viabilizam a execução da legislação (TUCCI, 2012).

Para Martins (2012), a gestão de drenagem urbana está embasada no conceito dos 3Ps: Planejamento, Procedimento e Preparo. Segundo o autor, o planejamento inclui todas atividades administrativas para obtenção dos resultados. O procedimento consiste nas ações propriamente ditas, incluindo operação e manutenção os sistemas, políticas de implantação de técnicas compensatórias e campanhas de conscientização e capacitação. Por fim, o preparo compreende as condições tidas pela instituição para resposta às emergências relacionadas ao sistema de drenagem urbana.

Tucci (2012) esclarece que a gestão da drenagem no contexto municipal tem sido realizada por medidas legais para as áreas de expansão ou novas construções por meio da manutenção da vazão preexistente, definida na legislação de cada cidade e no plano de controle de cada sub-bacia urbana com medidas de controle estruturais e preventivas. Para ele, a regulação é entendida como os mecanismos para indução de práticas sustentáveis pelos usuários do espaço urbano, podendo ser realizado por meio de legislação específica e/ou guias de práticas recomendáveis por meio de incentivos econômicos ou não.

As medidas de controles empregadas são classificadas em: medidas de armazenamento e medidas de infiltração. O primeiro tipo é aplicado tanto em áreas de lotes como em loteamentos, e quando utilizadas em nível de lote ou pequeno loteamento, são denominadas de On-Site Detention (OSD). Já o segundo tipo é mais utilizado a nível local (TUCCI; MELLER, 2007).

O Quadro 3 elaborado por Tucci e Meller (2007), contém detalhes sobre impactos gerados por cinco diferentes efeitos e os possíveis critérios a serem adotados por regulamentações para sua minimização e controle.

Quadro 3 - Impactos e regulamentação sobre o escoamento pluvial

Efeitos	Impactos	Objetivo	Ação	Regulamentação
Recarga do Aquífero	Diminuição do lençol freático e da vazão de base	Manter os níveis anuais médios de recarga e a vazão de base.	Infiltração na área desenvolvida	Garantir a recarga média com os tipos de solo da região
Qualidade da água	Aumento da carga de poluentes na água pela lavagem das superfícies urbanizadas	Reduzir a 80% da carga da qualidade da água devido a eventos pluviais	Tratar o volume dos sólidos suspensos das superfícies urbanas	O controle é realizado para o volume da chuva de 1 a 2 anos e 24 horas ou um volume correspondente a 90% dos eventos anuais.
Erosão e assoreamento	Erosão do leito dos canais devido ao aumento da vazão e velocidade	Reduzir a energia do escoamento	Restringir a vazão pré-desenvolvimento e dissipar a energia através de reservatórios ou dissipadores	O controle é realizado armazenando a chuva de 1 a 2 anos de 24 horas.
Inundação da Drenagem Urbana	Inundação na drenagem urbana (redes de condutos e canais naturais e/ou artificiais) devido ao aumento da vazão.	Manter a vazão de pico menor ou igual a de pré-desenvolvimento	Com infiltração ou amortecimento na área desenvolvida	Evento de cheia com tempo de retorno de 10 a 25 anos e 24 horas.
Áreas ribeirinhas e eventos extremos	Impactos devido a eventos extremos nas áreas ribeirinhas e segurança dos dispositivos hidráulicos	Mitigar os impactos extremos, não ampliação dos limites da planície de inundação e dimensionamento de estruturas de emergência nos reservatórios.	Controle com reservatórios e/ou zoneamento.	Zoneamento de áreas de inundação para a cheia de 100 anos.

Fonte: Tucci e Meller (2007)

Dentro do exposto nesta seção, é possível entender o que será detalhado no capítulo seguinte, o qual evidencia as práticas de gestão adotadas nos Estados Unidos, Austrália, Reino Unido e Brasil, com abordagens para certas localidades dentro de cada um dos países.

4 REGULAMENTAÇÕES PARA O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS E CONTROLE DE ESCOAMENTO EM DIVERSAS LOCALIDADES

4.1 ESTADOS UNIDOS

O país possui uma ampla legislação no que se refere a conservação das águas pertencentes ao seu território. Todas as esferas governamentais (federais, estaduais e municipais) são responsáveis por regulamentar e dar o suporte necessário para o cumprimento das leis vigentes. Dentre as maiores preocupações, aspectos relacionados à qualidade da água sempre estiveram presentes nos regulamentos americanos.

Ao longo dos anos ocorreram várias modificações nas legislações, como resultado da promoção de discussões entre os governos, estudiosos e partes interessadas. Em 1972 foi promulgada pela Agência Nacional de Proteção Ambiental dos Estados Unidos⁷ (US EPA) a Lei da Água Limpa⁸ (CWA), uma versão reorganizada e expandida da Lei Federal de Controle de Poluição da Água⁹ (FWPCA) publicada em 1948. A CWA foi responsável por tornar ilegal o despejo de qualquer poluente de uma fonte pontual em águas navegáveis, a menos que uma licença seja obtida através do Sistema Nacional de Eliminação de Descarga de Poluentes¹⁰ (NPDES).

Em 1987 foi aprovada a Lei Federal de Qualidade da Água¹¹ e no ano de 1990 a fase I do programa voltado para as águas pluviais foi lançado, a qual estabelece diretrizes para o manejo por parte das atividades industriais leves e pesadas, atividades de construção com mais de 5 acres¹² (20.234,30 m²) e para municípios de médio (mais de 100.000 habitantes) e grande porte (mais de 250.000 habitantes) com sistema separador absoluto (MS4)¹³ e descargas para as quais a EPA considera como potencial contribuinte para violação do padrão da qualidade da água ou responsável por poluir significativamente as águas navegáveis (33 U.S.C. § 1342 (p)(2)(A)-(E)).

⁷ *United States Environmental Protection Agency*

⁸ *Clear Water Act*

⁹ *Federal Water Pollution Control Act*

¹⁰ *National Pollutant Discharge Elimination System*

¹¹ *Federal Water Quality Act*

¹² Acre é uma unidade de medida de área que equivale a aproximadamente 4.046,86 m², e é adotada desde 1958 pelos Estados Unidos. Fonte: [http://dicionario.sensagent.com/Acre%20\(unidade\)/pt-pt/](http://dicionario.sensagent.com/Acre%20(unidade)/pt-pt/)

¹³ *Municipal Separate Storm Sewer System*

A segunda fase da regulamentação foi promulgada em 8 de dezembro de 1999, e deliberou exigências para os municípios de pequeno porte. É considerado um MS4 de pequeno porte, todo aquele que não se encaixa na definição de MS4 de médio ou grande. Além disso, os regulamentos incluíram atividades de construção em canteiros de 1 a 5 acres (4.046,86 a 20.234,3 m²), incluiu novas categorias industriais e indústrias situadas em municípios com população inferior a 100.000 habitantes (EPA, 2005a, tradução nossa).

Após a segunda fase do programa, fica exigido para todos os MS4s, a concepção de planos dentro de um programa de gerenciamento de águas pluviais que compreenda seis elementos que, quando implementados em conjunto, deverão resultar em reduções significativas de poluentes descarregados nos corpos receptores e na geração de volume escoado (EPA, 2005b, tradução nossa).

Conhecidos como “medidas mínimas de controle” os seis elementos componentes do programa são listados a seguir:

1. educação pública e divulgação;
2. participação/envolvimento público;
3. detecção e eliminação de descarga ilícita;
4. controle de escoamento do canteiro de obras;
5. controle de escoamento pós-construção; e
6. prevenção da poluição/bom serviço de limpeza (manutenção do sistema).

Embora existam regulamentações federais, como citado anteriormente, tanto os estados quanto os municípios podem possuir legislação específica de acordo com as necessidades e objetivos a serem alcançados. A nível nacional tem sido dado enfoque para as questões relacionadas a qualidade da água pelo controle das descargas de poluentes. Entretanto, regulamentações locais em muitos casos também apresentam restrições e exigências em relação aos aspectos quantitativos para o controle do escoamento produzido.

A seguir serão apresentadas informações a respeito das medidas adotadas para controle de escoamento em três estados distintos: Flórida, Pensilvânia e Vermont. Estes estados foram selecionados de acordo com as informações do Manual de Gestão de Águas Pluviais dos Estados Unidos, por serem alguns dos que possuem um maior engajamento administrativo nesse setor. As informações fazem parte do Resumo de Padrões Estaduais de Águas Pluviais, elaborado pela EPA em 2011.

4.1.1 FLÓRIDA

O estado teve suas primeiras regulamentações implementadas em fevereiro de 1982. A partir de então foram feitas várias alterações nos critérios de projeto de Melhores Práticas de Gestão (BMPs) até 1994, quando o programa para obtenção da Licença de Recursos Ambientais¹⁴ foi implementado, o qual integra aspectos quantitativos e qualitativos das águas pluviais e a proteção das *wetlands* dentro de licença única. Atualmente, existem cinco conjuntos de regras implementadas de forma cooperativa pelo Departamento de Proteção Ambiental da Flórida¹⁵ (FL DEP) e cinco distritos regionais de gestão de água.

No âmbito estadual são exigidas licenças para todas as novas descargas ou aquelas que sofreram alguma modificação e para todos os projetos com abrangência igual ou maior a 4.000 ft² (aprox. 372 m²) de superfícies impermeáveis. As licenças gerais NPDES (nacional) também são obrigatórias, nas condições anteriormente especificadas.

As regulamentações exigem que todos os novos projetos de construção e remodelação devem implementar BMPs adequadas ao local, e que atendam ao nível requerido de tratamento de águas pluviais estabelecido nos padrões de desempenho do programa. Os governos locais podem adotar alternativas ou requisitos mais rigorosos do que os padrões estaduais.

As condições de controle de volume são específicas para cada um dos Distritos de Gestão da Água (WMD)¹⁶, conforme estabelecido em suas regras e manuais. Porém, de modo geral, o controle de volume é necessário nas bacias de drenagem para evitar inundações, garantido que o volume gerado antes das modificações seja o mesmo depois destas. Os requisitos de controle de inundação estabelecem que a vazão máxima pós-desenvolvimento não deve exceder a vazão máxima pré-desenvolvimento para uma chuva de projeto com período de retorno (T) igual 25 anos e tempo de concentração (tc) variando entre 24 a 72 horas.

¹⁴ *Environmental Resource Permitting*

¹⁵ *Florida Department of Environmental Protection*

¹⁶ Os WMDs são cinco distritos criados para administrarem programas de proteção contra inundações e realizarem pesquisas técnicas sobre recursos hídricos. Eles também desenvolvem planos de gestão de água para a escassez em tempos de seca, e adquirem e gerenciam terras para fins de gestão de água. (SWFWMD, tradução nossa). Fonte: <http://www.swfwmd.state.fl.us/about/wmds.php>

No que diz respeito aos condutos dos sistemas de drenagem, para novas construções em que a área impermeável correspondente a mais de 50 por cento da área total, a vazão de pico pós-desenvolvimento não pode exceder a de pré-desenvolvimento para as condições de projeto com $T = 2$ anos e $t_c = 24$ horas.

Além das especificações de controle quantitativo, em alguns casos são adotadas medidas de tratamento da água. Os volumes a serem captados e tratados variam de acordo com cada município ou distrito. Entretanto, o menor volume de retenção aplicável corresponde a primeira meia polegada (12,7 mm) de escoamento, mas pode ser até 1,25 vezes a porcentagem de área impermeável mais um adicional de meia polegada para sistemas de retenção online, conforme preconizado no Planos Regulatórios do Distrito de Gestão de Água do Rio *St. Johns*¹⁷ (SJRWMD). Para fornecer armazenamento para a próxima chuva, o volume de tratamento especificado para um sistema de retenção deve ser recuperado dentro de 72 horas após um evento de precipitação.

Para garantir o pleno cumprimento das determinações e perfeito funcionamento do sistema, devem ser realizadas inspeções pelo WMD, FL DEP ou equipe local durante a construção. Além disso, os projetos com uma licença de águas pluviais NPDES devem ter inspeções feitas por inspetores qualificados, semanalmente ou após qualquer precipitação de 12,7 mm ou mais. Três distritos exigem inspeções regulares após execução.

4.1.2 PENSILVÂNIA

As diretrizes aplicam-se para os MS4s conforme previstos na legislação federal. Entretanto, a Lei de Gestão de Águas Pluviais de 1978¹⁸ (Act 167) estabelece as regras para a gestão de águas pluviais em todo o estado. A Act 167 aplica-se a bacias hidrográficas registradas, as quais são bacias aprovadas pelo Conselho de Qualidade Ambiental em 15 de julho de 1980.

Embora o manual estadual de BMPs funcione apenas como um guia, muitas localidades no estado as usam como padrões de exigência em suas regulamentações

¹⁷ *Regulatory Plans of the St. Johns River Water Management District*

¹⁸ *Stormwater Management Act of 1978*

para o pós-construção de novos empreendimentos. São estipulados padrões retenção na fonte divididos em dois guias distintos conforme características da construção, como segue:

- Guia de Controle de Volume 1 (CG-1) - é aplicável a qualquer tamanho da atividade regulada, sendo recomendado onde as condições do terreno oferecem a oportunidade de reduzir o aumento no volume de escoamento, da seguinte maneira:
 - o volume de escoamento pós-urbanização não pode ser superior ao gerado para o terreno natural, para todas as precipitações com parâmetros iguais ou menores do que período de retorno (T) de 2 anos e tempo de concentração (t_c) de 24 horas;
 - 20% da área impermeável existente deve ser transformada em permeável para as condições de remodelação do espaço construído.

- Guia de Controle de Volume 2 (CG-2) - não aplicável a movimentos de terra em áreas maiores que 1 acre (4.046,86 m²) ou para empreendimentos que já possuam projeto de instalações de armazenamento de águas pluviais:
 - capturar pelo menos as primeiras 2 polegadas (50,8 mm) de escoamento de todas as superfícies impermeáveis contribuintes;
 - pelo menos a primeira 1 polegada (25,4 mm) de escoamento referentes as novas superfícies impermeáveis devem ser removidas permanentemente do fluxo de escoamento, por meio de reutilização, evaporação, transpiração e infiltração;
 - em todos os casos, pelo menos a primeira meia polegada (12,7 mm) do escoamento residual removido deve ser infiltrada.

Com o propósito de reduzir inundações, não pode haver aumento da vazão de pico para precipitações com T variando de 1 ano a 100 anos. Conforme necessário, controle adicional deve ser fornecido, em concordância com o exigido pelos planos aplicáveis da Act 167.

Requisitos de qualidade estabelecem que sistema seja projetado para alcançar uma redução de 85% no total de sólidos suspensos (TSS), uma redução de 85% nas cargas de fósforo e uma redução de 50% nas cargas NO₃-N (nitrato de nitrogênio).

4.1.3 VERMONT

O Programa de Águas Pluviais do Estado de Vermont define seus critérios através de regulamentos e seu manual a nível estadual. Aplica-se aos casos de novos empreendimentos, aumento das superfícies impermeáveis existentes e alterações em áreas já desenvolvidas igual ou superior a 1 acre (4.046,86 m²). Entretanto, o Estado pode regular as descargas de superfícies impermeáveis de qualquer tamanho, quando considerado necessário para reduzir impactos.

As especificações não se aplicam aos MS4s que administram seu próprio programa e projetos pós-construção. Além disso, não se aplicam ao caso em que o aumento de uma superfície impermeável existente de área igual ou maior que 1 acre (4.046,86 m²), se:

- o aumento ou adição de superfície impermeável é inferior a 5.000 pés quadrados (aprox. 464,52 m²);
- a expansão é feita para superfícies impermeáveis existentes criadas antes de 1º de junho de 2002; e
- Esta isenção pode ser usada para expansões consecutivas de uma superfície impermeável existente até um total acumulado de 5.000 pés quadrados (aprox. 464,52 m²). Quando a expansão total cumulativa exceder o valor pré-definido, a superfície impermeável expandida em excesso deve cumprir o padrão de tratamento previstos em legislação.

Como visto acima, os requisitos não se aplicam em todos os casos, porém quando aplicáveis, têm como meta a captura de 90% dos eventos de precipitação anuais. Conta ainda com a obrigatoriedade de infiltração mínima para recarga do lençol freático. As águas infiltradas devem passar por tratamento através de um dos dois métodos previstos ou uma combinação de ambos. O primeiro é designado como "Método de Porcentagem de Volume", e é baseado na infiltração do volume de recarga usando uma ou mais Práticas de Tratamento de Águas Pluviais (STPs)¹⁹ aprovados. O segundo método é designado como "Método da Porcentagem de Área", e é baseado na drenagem do escoamento de parte ou de toda a área impermeável do local através

¹⁹ *Stormwater Treatment Practices.*

de uma ou mais STPs não estruturais aprovadas, e devem garantir remoção de 80% da carga anual total de sólidos suspensos (TSS) e 40% da carga total de fósforo (TP).

Restrições também são impostas para proteção de condutos e canais do sistema de drenagem. Um dado volume de proteção de conduto (CPv) deve ser fornecido por meio de 12 a 24 horas de armazenamento de detenção prolongada para o evento de chuva com $T = 1$ ano e $t_c = 24$ horas. Se a descarga é realizada em um habitat de peixe de água fria, são necessárias 12 horas de detenção prolongada, e para habitat de peixe de água quente, são necessárias 24 horas.

Ao se tratar de obras de reformas, ampliações e modificação nos terrenos, os seguintes critérios devem ser seguidos:

- a) a superfície impermeável existente deve ser reduzida em um mínimo de 20%; ou
- b) uma STP deve ser projetada para capturar e tratar a quantidade da água de 20% da quantidade de água gerada pela superfície impermeável existente; ou
- c) uma combinação de a) e b), de forma que juntos igualem uma redução/tratamento mínimo de 20%.

Por meio de licença geral é exigido o adequado funcionamento e manutenção de todos os sistemas de coleta, tratamento e controle de águas pluviais e que o titular da licença deva apresentar um relatório anual de inspeção sobre a operação, manutenção e condição dos sistemas. O primeiro relatório anual de inspeção para um novo empreendimento, alterações em empreendimentos ou expansão deve incluir uma certificação por escrito de um projetista, que não seja do proprietário, afirmando que o sistema para controle de águas pluviais foi instalado de acordo com as condições da permissão geral e está funcionando adequadamente.

4.2 AUSTRÁLIA

O desenvolvimento do manejo de águas pluviais na Austrália está diretamente ligado ao conceito de Projeto Urbano Sensível a Água²⁰ (WSUD). O

²⁰ *Water Sensitive Urban Design*

WSUD corresponde ao conjunto de medidas e ações responsáveis por considerar as águas urbanas como parte importante no planejamento, projeto e construção do ambiente construído. Constitui-se uma ferramenta indispensável às áreas urbanas, pois aborda de maneira integrada os sistemas de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário e drenagem urbana. O objetivo é garantir dentro do planejamento urbano o reuso das águas pluviais, a fim de compensar as alterações no ciclo natural da água (NSW GOVERNMENT, 2017).

É responsabilidade dos governos locais e estaduais promover a gestão das águas pluviais no país. Ao longo dos anos vários programas foram lançados, alguns por determinado tempo, e outros que permanecem até hoje. Todos esses programas encontram sua base na Iniciativa Nacional de Água²¹ (NWI) de 2004, cujo objetivo é melhorar a gestão das águas urbanas, incluindo a captação das águas da chuva. Dentre os programas governamentais que tem financiado os projetos de águas pluviais, têm-se:

- Water Smart Australia (ativo desde 2004–2005) - visa acelerar o desenvolvimento e a incorporação de tecnologias e práticas inteligentes no uso da água em toda a Austrália e promover a implementação da NWI. Seis projetos receberam financiamento de US\$ 88,1 milhões do governo australiano com quase 28,3 bilhões de litros de água potável substituídos por águas pluviais por ano, como resultado;
- *National Water Security Plan for Cities and Towns* (ativo desde 2007) - tem como objetivo melhorar a segurança da água para cidades com menos de 50 mil pessoas. Cinco projetos receberam financiamento de cerca de US\$ 21,4 milhões do governo australiano, com 6,9 bilhões de litros de água potável substituídos por águas pluviais a cada ano, como resultado desses projetos;
- *National Urban Water and Desalination Plan* (ativo desde 2008) - fornece financiamento para infraestruturas e pesquisas de água urbana que contribua significativamente para melhorar a segurança do abastecimento de água nas grandes cidades da Austrália, sem aumentar as emissões de gases de efeito estufa. No âmbito do Plano, 36 projetos receberam

²¹ *National Water Initiative*

financiamento no total de cerca de US\$ 184 milhões e 10,1 bilhões de litros de água potável por ano, foram substituídos por águas pluviais;

- *Strengthening Basin Communities* (programa completo) - no âmbito deste programa, sete projetos de águas pluviais receberam financiamento no valor de US\$ 12,3 milhões;
- *Green Precincts Fund* (programa finalizado) – sob sua vigência, foram apoiadas várias iniciativas de projetos que incentivaram as medidas de poupança de energia e água no nível da comunidade;
- *National Rainwater and Greywater Initiative* (programa finalizado) – nesse projeto, descontos de até US\$ 500 foram fornecidos a famílias e subsídios de até US\$ 10.000 para clubes salva-vidas, com o objetivo de custear tanques para armazenamento de águas pluviais ou cinzas. Um total de 14.625 descontos no valor de \$ 7.017.200 foram pagos no âmbito do programa domiciliar. Foram concedidos subsídios no total de US\$ 658 mil para 86 clubes salva-vidas em toda a Austrália.

Certas localidades possuem restrições que contribuem para o controle de escoamento, a exemplo do estado de Victoria. As medidas visam reduzir o impacto do aumento do escoamento das águas pluviais no sistema de drenagem e facilitar a infiltração de águas pluviais nos lotes. A regulamentação prevê que a área permeável lote deve ser pelo menos a mínima prevista nos planos de zoneamento das cidades, e quando não houver um valor estabelecido, deve-se adotar o mínimo de 20%. Exige ainda que os sistemas sejam projetados para garantir que os fluxos a jusante sejam restritos aos níveis de pré-desenvolvimento, a menos que os acréscimos no escoamento sejam aprovados pela autoridade de drenagem responsável e não haja impactos prejudiciais a jusante. As autoridades locais devem garantir que todos os lotes sejam providos de drenagem dentro dos padrões especificados, e que haja o retardo do escoamento pelo uso de medidas de controle.

Em todo o país a gestão de águas pluviais é bem estruturada, com a presença de instituições, legislações e programas nos seis estados. Para fins deste trabalho, serão relatadas na seção a seguir informações da gestão presente no estado da Austrália Ocidental, com estudo de caso referente a projetos desenvolvidos na cidade de *Mosman Park*.

4.2.1 AUSTRÁLIA OCIDENTAL

A fim de garantir a preservação e manejo adequado dos recursos hídricos, incluindo as águas pluviais urbanas, o Governo da Austrália Ocidental conta com o Departamento de Águas. Dentre todas as informações e legislações disponíveis, têm-se acesso ao material sobre Desenvolvimento Urbano, o qual está subdividido em quatro temas como seguem: Gestão de Águas Urbanas, Projeto de Águas Urbanas, Águas Pluviais e Planejamento de Águas Urbanas. É nesse contexto que surgem em 2004 os primeiros capítulos do Manual de Gestão de Águas Pluviais para a Austrália Ocidental (SMMWA)²², com as diretrizes que serão analisadas nesta sessão.

O papel do Departamento de Águas é fornecer mapas das planícies de inundações para os principais sistemas fluviais e preparar planos de drenagem. Além disso, provê os princípios, critérios e orientações para o manejo de águas pluviais na Austrália Ocidental, e avalia as propostas de desenvolvimento Urbano. É função do governo local, o manejo e manutenção das redes de drenagem, sendo a *Water Corporation* a principal prestadora de serviços para infraestrutura de drenagem urbana em partes da região metropolitana de Perth (capital).

O SMMWA fornece orientações e coordenadas para desenvolvedores, consultores ambientais, grupos ambientais/comunitários, indústria, governo local, fornecedores de água, departamentos e agências governamentais estaduais sobre os objetivos e melhores princípios de gestão de águas pluviais. As medidas utilizadas para garantir que os objetivos sejam alcançados e os princípios atendidos, seguem o que é chamada de abordagem hierárquica. Pode-se dizer que existe uma sequência de priorização na aplicação das ações. Portanto, a Austrália Ocidental aborda a seguinte sequência:

1. *manter e restaurar as linhas de drenagem naturais* - reter e restaurar os elementos existentes do sistema de drenagem natural, incluindo as características e processos de canais, *wetlands* e das águas subterrâneas;
2. *implementar controles de fontes não estruturais* - minimizar os insumos de poluentes principalmente através de técnicas de planejamento, organização e

²² O manual funciona como um guia e não tem força de lei, apontando apenas quais as melhores ações e medidas a serem exercidas para a melhor gestão de águas pluviais no meio urbano, dentro dos padrões de sustentabilidade.

comportamento para minimizar a quantidade de poluição que entra no sistema de drenagem;

3. *minimizar o escoamento* – promover infiltração ou reutilizar a água da chuva na bacia hidrográfica o quanto possível. Instalar medidas de controle estruturais na fonte ou perto desta para minimizar a absorção de poluentes e o volume do escoamento;
4. *usar medidas de gerenciamento no sistema* - inclui medidas com uso de vegetação, como valas e zonas ripícolas, e dispositivos estruturais de melhoria da qualidade, como armadilhas para poluentes grosseiros.

Ao longo dos anos, foram realizados programas municipais para adaptação ou construção de novos sistemas de drenagem, com utilização de técnicas compensatórias para amenização dos transtornos causados pelas inundações em cidades da Austrália Ocidental. O programa executado na de Cidade de *Mosman Park* será discutido a seguir.

4.2.1.1 Cidade de Mosman Park - Projeto de ciclo total da água

Uma série de projetos foram realizados pelo Município de *Mosman Park* para contemplar os problemas de diminuição da qualidade das águas subterrâneas devido à intrusão de água salgada e problemas de inundação devido à inadequada gestão de águas pluviais. Os objetivos dos projetos relacionados ao controle de escoamento foram: maximizar a infiltração de águas pluviais para aumentar a recarga do lençol freático instalando dispositivos de infiltração em todo o município e reduzir as inundações locais através da adaptação ou substituição de estruturas tradicionais de drenagem. Esses projetos foram apoiados por homologações políticas e leis locais para fornecer o quadro regulatório para adotar a abordagem do Conselho no gerenciamento de recursos hídricos.

A estratégia adotada foi a infiltração da precipitação em tantos locais quanto possível, por meio da instalação de tanques tradicionais, diques de amortecimento para infiltração subterrânea ou bacias rasas de infiltração em parques, reservas e margens de rodovias para maximizar a infiltração em todo o município. Em alguns casos houve a combinação das técnicas para o melhor desempenho. Assim, como

resultado do projeto foi alcançada uma redução de 10 a 30% na irrigação do território durante os meses de verão, infiltração de 95% de toda a precipitação no município e a minimização da descarga no Rio Swan e diminuição gradual de incidentes de inundações locais de 21 em 2000 para nenhum incidente em 2005.

4.3 REINO UNIDO

O Reino Unido adota o conceito Sistema de Drenagem Urbana Sustentável²³ (SuDS), um equivalente para o conceito americano de Melhores Práticas de Gestão (BMP) e o australiano Projeto Urbano Sensível à Água (WSUD). É dentro desta base que a Agência Ambiental²⁴ (EA) traz algumas restrições para o controle de escoamento no país.

De maneira geral, todos os novos projetos urbanos no país devem garantir o gerenciamento a longo prazo das águas pluviais. É responsabilidade da EA mapear as zonas de inundação e fixar as restrições locais de efluentes (5-10 l/ha) que dão permissões para todas as descargas de água importantes e cobram taxas anuais dos poluidores. As tarifas são reduzidas se o empreendedor segue a orientação técnica da agência (por exemplo, uso de *wetlands* e sistemas de infiltração). Os municípios podem então atribuir obrigações estritas aos desenvolvedores. O critério final é resultado da negociação entre o empreendedor, o município, a empresa de esgoto e a EA. Muitas cidades exigem técnicas de controle de origem ambientalmente adequadas (pequenas *wetlands*), reabilitação de riachos canalizados e reutilização de águas pluviais (CHOULI; AFTIAS; DEUTSCH, 2007, tradução nossa).

Em outubro de 2013 a EA lançou um relatório denominado *Rainfall Runoff Management for Developments*, cujo objetivo é fornecer recomendações para desenvolvedores e autoridades locais sobre o estabelecimento de limites de descarga de um lote e para auxiliar no dimensionamento inicial de elementos de armazenamento para o controle e tratamento do escoamento de águas pluviais, que serão necessários para cumprir estes limites.

²³ *Sustainable Urban Drainage System*

²⁴ *Environmental Agency*

As ações previstas visam seguir três categorias de atuação: controle de volume (nenhum escoamento para pequenos eventos e menos escoamento para os grandes), vazão do escoamento (mais lenta e com geração tardia de escoamento) e qualidade do escoamento (escoamento mais limpo, com menores índices de DBO, sedimentos, patógenos, metais, hidrocarbonetos, etc.). Assim, o objetivo é agir de forma conjunta para garantir que os três aspectos sejam atendidos, controlando o escoamento urbano a um nível mais próximo das condições naturais do terreno.

A metodologia sugerida para alcançar os resultados esperados, é descrita a seguir:

1. Armazenamento de interceptação

O conceito de armazenamento de interceptação deve ser aplicado para evitar qualquer escoamento gerado por precipitações de até 5mm, por meio da aplicação de SuDS com características de escoamento que se encaixam neste conceito, a exemplo de valas de infiltração e pavimentos permeáveis. Isto se justifica no fato de que em áreas modificadas pela urbanização os escoamentos são significativos para os eventos de chuva das mais diversas proporções. Além disso, estudos estimam que cerca de 50% das precipitações no Reino Unido são menores do que 5 mm.

2. Armazenamento de longo prazo (ALP)

Em eventos de precipitação extrema, o volume total de escoamento de um lote urbanizado é 2 a 10 vezes o do mesmo local em estado natural. Por esta razão, é importante controlar este volume adicional, e para fins de dimensionamento, recomenda-se a adoção do evento de precipitação com $T = 100$ anos e $t_c = 6$ horas para estimar os volumes de escoamento antes e depois das alterações, sendo a diferença entre eles captada e de forma prioritária não lançada nas redes de drenagem. A ideia é que seja infiltrado, porém quando não houver esta possibilidade, deverá ser descarregado a uma vazão máxima de 2 l/s.ha.

3. Armazenamento de atenuação

O princípio do projeto é limitar o escoamento para eventos de frequência similar de ocorrência para a mesma vazão de pico de escoamento que ocorre em lotes em estado natural. Entretanto, existem dificuldades provenientes das diferenças nas características do escoamento para os dois cenários, o que leva a utilização de uma

regra equivalente, na qual o limite é aplicado tanto no evento de 1 ano quanto no evento de 100 anos usando a precipitação de duração crítica para encontrar o volume máximo de armazenamento de atenuação.

4. Impossibilidade de utilização do armazenamento de longo prazo

Em alguns casos se torna difícil aplicar o conceito de ALP a um terreno e garantir o funcionamento do sistema de drenagem para atender a este critério. Nesta situação, uma vazão máxima de pico é aplicada ao terreno para dimensionar o armazenamento de atenuação sem usar ALP. Em vez de usar as vazões para os eventos de 1 e 100 anos, os limites de descarga são definidos para as vazões de escoamento de 1 ano e Q_{bar}^{25} . Isso resulta em um maior volume de armazenamento, devido as bacias de captação permeáveis gerarem uma Q_{bar} menor do que 2 l/s/ha, ou seja, o escoamento acontece de forma mais lenta. Portanto, em situação como estas, adota-se o valor mínimo de 2 l/s/ha para eventos com $T = 100$ anos.

4.4 BRASIL

No Brasil não existe nenhuma lei a nível nacional que trate exclusivamente da drenagem urbana. O país conta com a Lei 9433/1997, conhecida como Lei das Águas, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh). A PNRH implementou os planos de bacia hidrográficas para melhor gestão das águas, possibilitando a criação de ações específicas para cada uma delas. Em seu art. 2º são definidos entre os objetivos da PNRH: a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais; e, incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

Pode-se destacar também a Lei Federal 11.445/2007 que em seu escopo estabelece diretrizes para o saneamento básico. Além das exigências para o

²⁵ “Referido como Q_{bar} , ou a inundação anual média, é o valor do evento de inundação anual médio registrado em um rio. Esta vazão é usada para fornecer uma medida do desempenho do escoamento de um terreno em seu estado natural para permitir que os critérios de taxa de fluxo sejam definidos para as descargas de água superficial pós-desenvolvimento para vários períodos de retorno” (tradução nossa). Fonte: <http://www.susdrain.org/resources/glossary.html>

abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, a lei ainda sugere a criação do Plano Diretor de Drenagem Urbana por parte dos municípios, incluso no Plano de Saneamento Básico. O art. 2º item IV, descreve a obrigatoriedade da:

“disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado” (Lei Federal 445/2007, art. 2º, item IV).

Em seu art. 3 define a drenagem e manejo das águas pluviais como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, **detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias** (grifo nosso), tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas. Ademais, indica no art. 36 a possibilidade de cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, levando em consideração os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva presentes em cada lote.

Apesar da ausência de legislações nacionais mais particulares a esta demanda, os estados e municípios têm autonomia para concepção de regulamentações próprias que visem estabelecer padrões de controle para o escoamento gerado pela urbanização em seus territórios. Há algum tempo certas localidades vêm adotando medidas neste contexto, e em sua grande maioria são locais historicamente afetados por inundações urbanas. Alguns exemplos serão apresentados na sequência.

4.4.1 LEGISLAÇÕES MUNICIPAIS

4.4.1.1 São Paulo

O Estado de São Paulo é conhecido por seu grande desenvolvimento econômico e também populacional, quando comparado com outros estados. Todo esse crescimento acelerado e sem planejamento trouxe inúmeras consequências que necessitam de alguma forma serem remediadas. É neste contexto que em 2007 foi

lançada a lei estadual 12526/2007, contendo normas para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. A legislação baseia-se na já existente Lei Municipal 13.276/2002 da cidade de São Paulo, que será discutida mais adiante.

O município de São Paulo e sua região metropolitana destacam-se no cenário nacional pelos investimentos na implantação de soluções inovadoras de drenagem urbana. Entre os anos de 1994 a 2003, aproximadamente 33 bacias de retenção foram construídas, compreendendo um volume de cerca de 4,5 milhões de metros cúbicos (CANHOLI, 2014).

A cidade conta atualmente com a presença da Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL), instituída pelo Decreto nº 57.576/2017, com o objetivo de concentrar em uma única pasta as diretrizes para desenvolver e aprimorar as políticas de planejamento urbano da cidade, incluindo os aspectos relacionados à drenagem urbana. Desde 2014, a Prefeitura de São Paulo vem realizando uma série de revisões nos instrumentos de planejamento urbano, como: Plano Diretor Estratégico (PDE); Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo; e, Código de Obras e Edificações (COE).

A Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo nº 16.402, de 22 de março de 2016, traz diretrizes de acordo com o PDE que influenciam na diminuição do escoamento superficial gerado. A depender do tipo de zona, a taxa de permeabilidade mínima pode variar de 15 a 90%.

A Lei Municipal 13.276/2002 (Lei das Piscininhas) obriga implantação de sistemas para captação e retenção de águas pluviais coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos em lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m². Toda a água recolhida durante cada evento de precipitação deve ser disposta de forma responsável e segura. Assim, devem obedecer uma das três especificações contidas no art. 2º § 2º, que são: infiltração no solo, quando possível; ser despejada na rede pública de drenagem, após uma hora de chuva; e, servirem para uso não potável, caso haja reservatório com esta finalidade.

Além da restrição prevista acima, a legislação ainda impõe que em áreas de estacionamento ou similares, seja aplicado piso drenante ou seja preservada como área naturalmente permeável, 30% do total ocupado. Esta imposição visa aumentar a

quantidade de água infiltrada como tentativa de reestabelecer o equilíbrio do ciclo hidrológico.

4.4.1.2 Curitiba

A drenagem urbana no município de Curitiba funciona sob os cuidados do Instituto das Águas do Paraná (IAP), uma autarquia vinculada à Secretaria Estadual do Meio Ambiente que substituiu a extinta Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), encarregada por produzir em 2002 o Manual de Drenagem Urbana para a Região Metropolitana de Curitiba.

Visando atender aos conceitos de desenvolvimento de baixo impacto, o município de Curitiba traz em suas legislações algumas obrigadoriedades, com o objetivo de reduzir as possibilidades de enchentes em meios urbanos, através da associação de medidas compensatórias ao sistema de drenagem tradicional. Tais exigências podem ser encontradas na Lei 9800/2000 que aborda os padrões de zoneamento, uso e ocupação do solo, e no Decreto 176/2007 que dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias.

Na Lei 9800/2000 são exigidas taxas mínimas de permeabilidade para os terrenos, sendo a menor delas de 25% para a maioria das zonas. Entretanto, em alguns casos têm-se taxas de 50% e 80%, em zonas definidas como Áreas de Proteção Ambiental (APA's) de acordo com o grau de restrição de uso.

Em 2003 foi lançado o Decreto 791/2003, cujo objetivo era obrigar que em todo novo empreendimento, ampliação e/ou reforma com área impermeável igual ou maior que 5000 m² fosse implantado um reservatório de retenção para diminuir as ocorrências de cheias, ou para aqueles que não atendessem aos requisitos mínimos de permeabilidade. Todavia, este decreto foi revogado pelo Decreto 176/2007, o qual altera a exigência para áreas a partir 3000 m².

O § 1º do artigo 5º prevê quem em situações específicas haverá possibilidade de liberação de taxas de permeabilidade menores que 25%, porém com a exigências do uso de reservatórios. Nestes casos, os reservatórios serão dimensionados segundo as seguintes premissas do § 2º:

a) quanto a taxa variar de 25% até 15% será considerada a área total impermeabilizada no lote para cálculo do escoamento;

b) para taxas abaixo de 15% (quinze por cento) será considerada para cálculo a área total do terreno, devendo ser mantido o paisagismo no recuo obrigatório do alinhamento predial, exceto nas Zonas de Serviço onde é esse facultado.

4.4.1.3 Rio de Janeiro

É bem sabido que todo o processo de urbanização da cidade do Rio de Janeiro aconteceu sem controle, e suas ocupações sem planejamento culminaram na formação de cortiços e nas conhecidas favelas. Como forma de atenuar as consequências provenientes dessas condições na gestão de águas urbanas do município, em 2004 foi promulgado o Decreto 23.940/2004 que obriga à adoção de reservatórios com o intuito de prevenir inundações através da retenção temporária de águas pluviais, para os casos previstos. Mais recentemente em 2009, foi criado o Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio De Janeiro: Drenagem e Manejo de Aguas Pluviais Urbanas.

Assim como para a São Paulo, o decreto se aplica aos empreendimentos com mais de 500 m² de área impermeável, e determina que a água coletada pode ser infiltrada, lançada na rede pública de drenagem ou redirecionada para outro reservatório destinado ao armazenamento para utilização da água para fins não potáveis, conforme especificações vigentes. Caso as normas não sejam seguidas, e a instalação do reservatório não seja previstas junto aos demais projetos, o empreendimento não receberá a certificação “habite-se”.

Há ainda o caso de construções com área de cobertura maior que 500 m² e residenciais multifamiliares com cinquenta unidades ou mais, em que se exige não apenas a implementação do reservatório para contenção do escoamento, mas também para o reuso. É necessário a presença de no mínimo um ponto de utilização da água captada, e o volume do reservatório de reuso deve ser calculado levando em consideração pelo menos toda a área de telhado.

São também inclusos no decreto, exigências para reformas e áreas de estacionamento não cobertas. As reformas deverão incluir o uso do reservatório de

retardo de cheia quando for acrescentada uma área superior a 100 m², mesmo que em etapas, e quando a soma da área impermeabilizada existente com a ser construída superar os 500 m² anteriormente definidos. O volume do reservatório será calculado para área impermeável acrescida. Já para estacionamentos, 30% de sua área deverá ser preservada como natural ou com aplicação de piso drenante.

4.4.1.4 Porto Alegre

A cidade conta com o Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), responsável por desenvolver estudos em conjunto com o Departamento de Esgoto Pluviais (DEP)²⁶ e por produzir em setembro de 2005 o Manual de Drenagem Urbana para Porto Alegre. Dispõe ainda do Decreto 18.611/2014 como medida auxiliar ao manejo de águas em meio urbano. Nele é definido: “Toda nova ocupação urbana deverá considerar a aplicação do conceito de desenvolvimento urbano de baixo impacto, por meio da implantação de técnicas que privilegiem a infiltração e a reservação das águas pluviais” (Decreto nº 18.611/2014, Art. 1º).

O decreto traz uma abordagem diferente dos regulamentos anteriormente citados, uma vez que permite ao empreendimento aplicar em seu terreno medidas de infiltração e/ou armazenamento, de acordo com técnicas modernas de drenagem. Contudo, restringe a vazão máxima que cada lote poderá lançar na rede pública em 20,8 l/s.ha.

Existem algumas particularidades impostas conforme as dimensões dos lotes. Quando a área for inferior a 600 m² ou para lote unifamiliar, haverá possibilidade de desconsideração por parte do DEP, da comprovação do limite de vazão. Por outro lado, para áreas de até 100 ha, caso seja escolhido o uso de reservatório de detenção, seu volume deverá ser dimensionado através de equação específica.

Para cenários em que as áreas sejam maiores que 100 ha o volume será dimensionado através de estudo hidrológico da localidade, para precipitação de projeto com T = 10 anos. Nestes casos, há um grande incentivo para adoção de

²⁶ O DEP é o órgão específico para implantação, conservação e desenvolvimento de tecnologias de drenagem urbana na cidade de Porto Alegre, criado em 1973.
Fonte: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=63)

técnicas de infiltração que permitem a redução do volume de reservação necessário, pela diminuição da área Aimp a ser computada em seu cálculo. Assim, em casos desta natureza serão aplicados os procedimentos abaixo descritos, determinados no Art. 4º § 3º:

- aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) – cômputo de 50% da área que utiliza estes pavimentos;
- desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis com drenagem – cômputo de 60% da área de telhado drenada;
- desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis sem drenagem – cômputo de 20% da área de telhado drenada; e
- aplicação de trincheira(s) de infiltração – cômputo de 20% da área drenada para a(s) trincheira(s).

4.4.1.5 Recife

Recife como representante da região nordeste, sancionou mais recentemente a Lei Municipal 18.112/2015, a qual:

“Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências” (RECIFE, 2015).

Como visto, o município traz um consigo uma “inovação” ao obrigar a instalação de telhado verde, e não apenas reservatórios para acúmulo ou retardo do escoamento. Seguindo esta premissa, são obrigados a adotar a técnica de telhado verde, os projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimento e as edificações com outras finalidades que possuem área de cobertura superior a 400 m², em concordância com o Art. 1º.

Por outro lado, o Art. 3º expõe a necessidade de execução de reservatórios em lotes com área superior a 500 m² edificados ou não, e que possuam taxa de impermeabilização superior a 25%, como condição para aprovação de projetos iniciais na prefeitura. Como dito anteriormente, os reservatórios podem ter finalidade de

acumulação da água pluvial captada exclusivamente do telhado para uso não potável, ou funcionar como retardador da vazão gerada em todo o terreno a ser lançada na rede pública. Para o segundo caos, deverá ser calculada a vazão de saída para o sistema de drenagem municipal, restrita em função do coeficiente de escoamento de pré-urbanização, ou seja, a vazão liberada deve ser igual àquela gerada antes da urbanização.

4.4.2 EXEMPLOS DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS APLICADAS NO BRASIL

4.4.2.1 Reservatório de Detenção na Av. Pacaembu – São Paulo

Devido às recorrentes inundações na Av. Pacaembu, causadoras de danos aos moradores e comerciantes instalados ao longo de sua extensão, e transtornos ao tráfego local, decidiu-se fazer modificações no sistema local. A projeto culminou na execução de um reservatório subterrâneo para o controle de cheia na Praça Charles Miller, finalizado em 1994.

A decisão foi tomada ao se analisar a confluência de três galerias que escoavam a água da chuva para a galeria da Av. Pacaembu, e ao perceber que 70% da área contribuinte estava acima da praça. Portanto, foi executado o reservatório neste ponto para um volume de amortecimento de 74.000 m³ coletados pelas três galerias, controlando a vazão de saída conforme a capacidade da galeria a jusante (Ver Figura 15).

Figura 15 - Situação geral do reservatório sob a Praça Charles Miller



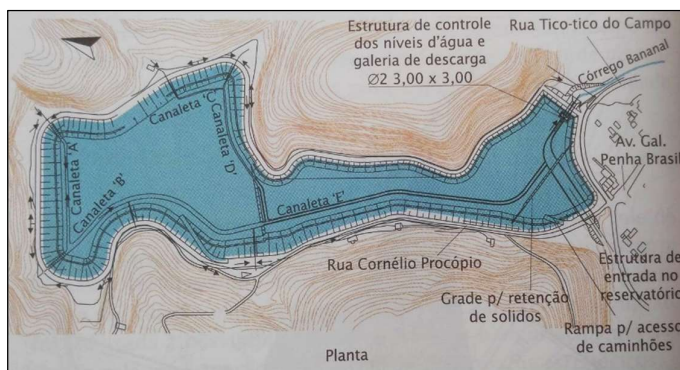
Fonte: Canholi (2014)

4.4.2 Reservatórios de Detenção na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo – São Paulo

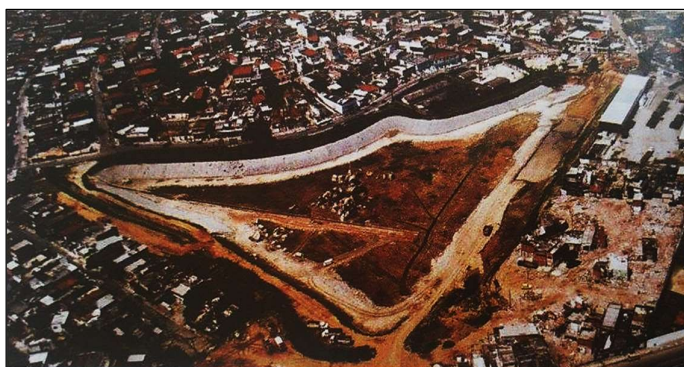
A bacia do córrego Cabuçu de Baixo, localiza-se no norte do município de São Paulo. O córrego que se encontra canalizado em praticamente toda sua extensão, é formado pelos córregos Bananal e Itaguaçu, tem como afluente os córregos Bipo e Guaraú. Com uma área de bacia de 40,8 km², em sua maioria densamente urbanizada, as inundações ao curso da Av. Inajar de Souza eram frequentes.

Após vários estudos, foram executados pela Prefeitura Municipal de São Paulo, reservatórios para o Bananal e Guaraú e uma galeria de reforço para na Av. Inajar de Souza, entre 1996 e 2001, como visto na Figura 16. Cada reservatório foi projetado para armazenar um volume máximo de armazenamento de 280.000 m³. Após o fim de todas as etapas da obra, as inundações na região foram praticamente eliminadas.

Figura 16 - Reservatórios Bananal e Guaraú. (a) Planta geral do reservatório Bananal e (b) Obras de construção do reservatório Guaraú



(a)



(b)

Fonte: (a) Themag Engenharia (s.d.) apud Canholi (2014) e (b) Revista Siurb (2003) apud Canholi (2014)

4.4.2.3 Reservatório de Detenção na Av. Polônia – Porto Alegre

Localizada na Avenida Polônia, cidade de Porto Alegre, a Praça Júlio Andreatta serve para atividades de lazer da comunidade local, foi projetada para funcionar como uma bacia de retenção para as chuvas mais intensas, conforme mostra a Figura 17. A água armazenada é liberada em até 24 horas por meio de drenos no fundo do reservatório, a uma vazão limitada.

A retenção temporária desse grande volume de águas evita enchentes nas ruas da região e maiores transtornos para a população. Sendo uma instalação totalmente aberta, essa bacia pode ser facilmente limpa após o escoamento total das águas pluviais e devolvida para o uso recreativo.

Figura 17 - Reservatório de retenção - Praça Júlio Andreatta



Fonte: Mapio.net (2017)

5 O CASO DE JOÃO PESSOA

Assim como os demais centros urbanos do Brasil, João Pessoa sofre com problemas devido as falhas do sistema de drenagem. A maior parte diz respeito ao lançamento irregular de esgotos nas tubulações de captação de água da chuva, ocupação nos entornos dos principais corpos d'águas, além das obstruções causadas pelo carreamento de lixo que é jogado nas vias (PMJP, 2014). É perceptível que o problema é de responsabilidade tanto governamental, quanto da população que precisa absorver uma mentalidade colaborativa e mais sustentável.

A falta de infraestrutura acarreta os principais problemas conhecidos, sobretudo pela falta de controle das ocupações. Levantamentos realizados constatam que 41,3% das habitações não se encaixam nos padrões de habitabilidade estabelecidos, localizando-se em zonas de risco, como margens de rios, provocando vários pontos de alagamento ao longo de toda a cidade, o que denota a necessidade urgente remodelações das redes de drenagem e inserção de medidas governamentais como as apresentadas no capítulo anterior (PMJP, 2014).

A cidade sofre com a falta de políticas públicas que propiciem uma boa qualidade de vida no meio urbano, associando o desenvolvimento planejado com o controle dos fenômenos naturais. Atualmente, a Secretaria Municipal de Infraestrutura (Seinfra) é órgão responsável pelas obras de infraestrutura local, e a Divisão de Infraestrutura e Próprios Municipais cuida da drenagem urbana. Por outro lado, existe a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMPDEC/JP), criada através da Lei nº 12.644/2013, encarregada de levantar informações e mapear áreas suscetíveis a desastres naturais, e agir de forma preventiva. Entretanto, ainda há uma deficiência na gestão municipal.

Em 30 de dezembro de 2015, foi lançado o Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa (PMSB-JP), quando a Lei Complementar nº 93/2015 foi sancionada. Esta, dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico, incorporando em seu conteúdo aspectos gerais da drenagem urbana. Os estudos para elaboração do PMSB-JP, incluíram o mapeamento das áreas passíveis de alagamentos e inundações presentes no município, com o objetivo de sugerir soluções viáveis e mais satisfatórias. Constatou-se que em 2015 existiam 98 pontos de alagamentos e 15 de inundações (PMJP, 2015).

O PMSB-JP traz ainda levantamentos sobre as condições e cobertura dos sistemas de drenagem ao longo da cidade, afirmando em seu texto que o sistema adotado é exclusivamente tradicional. Esses sistemas têm sido executados em associação com a pavimentação das ruas, entretanto, não há garantia da inexistência de problemas, uma vez que o sistema tradicional transfere os impactos para áreas a jusante (PMJP, 2015).

Pode-se afirmar que a única exigência legal que contribui para minimização da geração de escoamento no município de João Pessoa é a delimitação da taxa de área permeável mínima para os lotes edificados. O Decreto 5.900/2007 restringe o percentual mínimo de 4% em edificações verticais, e 10% para os passeios públicos referentes a estas edificações. Por outro lado, o Decreto 5.343/2005 delimita uma taxa de impermeabilização máxima de 50% para as áreas pertencentes ao Setor de Amenização Ambiental, referente à Zona de Preservação Ambiental e de Proteção Paisagística do Parque do Cabo Branco. Há ainda especificações para terrenos ocupados por Postos Revendedores de combustíveis, os quais são obrigados a preservar um percentual mínimo de 15%, em concordância com a Lei 9.904/2003.

Mais recentemente foram realizadas pela PMJP, algumas obras de reestruturação do sistema de drenagem em pontos específicos do município, com a finalidade de adequá-lo as demandas e evitar os alagamentos rotineiros. Destacam-se os 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 e elevação da pista nos dois sentidos, para resolver os problemas de inundações associados as cheias do Rio Jaguaribe; e a ampliação dos sistemas de drenagem do bairro dos Bancários e nas proximidades da Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU), no bairro do Varadouro.

Embora tenham sido feitos investimentos para minimização do problema vivenciado em João Pessoa, as ações foram muito pontuais e de modo geral estiveram voltadas principalmente para ampliação das redes coletoras. Ainda não houve uma análise global para todo o território, com intuito de promoção de soluções sistêmicas e que envolvam a inclusão de técnicas modernas de drenagem em associação com os sistemas tradicionais (PMJP, 2015).

6 ANÁLISES E DISCUSSÕES

Com base no que foi apresentado nos capítulos 4 e 5, é possível perceber as principais diferenças de abordagem entre os países desenvolvidos e o Brasil. Enquanto que os Estados Unidos, Austrália e Reino Unido possuem uma gestão da drenagem urbana muito bem estruturada, o Brasil ainda necessita de muitos investimentos e incentivos neste setor. Os aspectos institucionais são levados em conta em todas as esferas, com a presença de órgãos e agências reguladoras e responsáveis por implementar mudanças nos conceitos pré-estabelecidos.

Em ambos os países desenvolvidos é possível perceber um foco em ações que visem contornar não só problemas relacionados a quantidade de escoamento produzido, mas também na qualidade deste, o que não acontece em menor escala no Brasil. Os EUA, por exemplo, conta com legislação federal para tratar dos polos geradores de poluição difusa, com regulamentações para descargas de águas pluviais em corpos receptores realizadas por municípios, indústrias e setores da construção, com parâmetros de controle bem definidos.

Os estados e municípios americanos possuem suas próprias agências e legislações a nível local, com exigências que visam sempre o uso das BMPs. Nesses casos, são previstos também questões quantitativas com parâmetros característicos para diferentes aspectos, como: requisitos de controle na fonte, requisitos de proteção de condutos e canais, e requisitos de controle de inundação. Tais exigências podem ser melhor visualizadas ao se observar o Quadro 4, que agrupa os aspectos discutidos nas seções 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3.

Ao analisar o Quadro 4, é possível perceber nível de detalhamento praticado pelos estados da Flórida, Vermont e Pensilvânia. Requisitos de controle de qualidade da água escoada, com taxas de redução para poluentes, estão presentes em ambos. Há também, uma preocupação em manter equilíbrio das condições naturais das bacias, por intermédio do emprego de medidas que assegurem que o volume de escoamento e a vazão de pico para as áreas urbanizadas, não superam os valores prescritos para as condições de pré-urbanização.

Quadro 4 - Resumo dos padrões exigidos pelos estados da Flórida, Vermont e Pensilvânia (Estados Unidos)

PROGRAMA			PADRÕES PARA NOVOS EMPREENDIMENTO				PADRÕES PARA REMODELAÇÕES
Localidade	Ano	Abrangência	Controle na Fonte	Proteção de Canal	Controle de Inundação	Qualidade da Água	
Flórida	1995	Estadual	Varia para cada WMD - dos primeiros 12,7 mm escoados a 1,25 vezes a % impermeável mais 12,7 mm de escoamento	$Q_{pós} \leq Q_{pré}$ para $T = 2$ anos e $t_c = 24$ h, em novas construções com $A_{imp} > 50\%$	$Q_{pós} \leq Q_{pré}$ para $T = 25$ anos e $t_c = 24-72$ h, em bacias fechadas	(1) Redução de 80% da média anual de poluentes (2) 95% para despejo em águas excepcionais	Mesmos para novos
Vermont	2003	Estadual	Capturar 90% dos eventos de precipitação anual (meta)	Detenção de 12 a 24 h para $T = 1$ ano e $t_c = 24$ h	$Q_{pós} \leq Q_{pré}$ para $T = 10$ anos e $t_c = 24$ h	Reduzir 80% do TSS e 40% do TP	(1) 20% da área impermeável existente deve ser reduzida ou (2) capturar e tratar 20% do escoamento ou (3) combinação de (1) e (2)
Pensilvânia	2006	MS4s	(1) $V_{pós} \leq V_{pré}$ para $T = 2$ anos e $t_c = 24$ h para todos lotes (2) lotes $< 4046,86$ m ² : remover 25,4 mm de escoamento da A_{imp}	$Q_{pós} \leq Q_{pré}$ para $T = 2$ anos e $t_c = 24$ h, em todos lotes	$Q_{pós} \leq Q_{pré}$ para $T = 1$ a 100 anos	Redução 85% do TSS e TP, e 50% de NO ₃ -N	20% da área impermeável existente deve ser reduzida

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

A Austrália, por sua vez, conta também com agências e departamentos responsáveis por gerir as águas pluvias, e os aspectos da drenagem urbana. Inúmeros incentivos financeiros vêm sendo realizados ao longo dos anos para alavancar políticas e programas que viabilizem a aplicação dos mais novos conceitos de drenagem. Muitos dos programas estiveram voltados para o uso de soluções localizadas abrangendo o município como um todo, a exemplo do implementado na cidade de *Mosman Park* (descrito na seção 4.2.1.1), no estado da Austrália Ocidental, buscando reestabelecer os padrões das bacias hidrográficas, através de modificações nos sistemas tradicionais.

As ações empregadas no Projeto de Ciclo Total da Água resultaram em importantes avanços, incluindo: o aumento da infiltração local, minimização de descargas em corpos receptores e redução do número de inundações. As principais informações do programa, relativas ao controle de inundações, são apresentadas no Quadro 5, em concordância com o exposto na seção 4.2.1.1.

Quadro 5 - Resumo do Projeto de Ciclo Total da Água (Mosman Park)

Objetivos	Soluções	Resultados
(1) Maximizar a infiltração	(1) tanques tradicionais	(1) infiltração de 95% de toda a precipitação
(2) adaptar ou substituir estruturas tradicionais de drenagem	(2) diques de amortecimento para infiltração subterrânea	(2) minimização da descarga no Rio Swan
	(3) bacias rasas de infiltração	(3) 21 inundações locais em 2000 para 0 em 2005

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

No Reino Unido, assim como na Austrália, não existe uma legislação federal que obrigue o controle de escoamento, porém a EA estipula limites e norteia os estados e municípios através de manuais, relatórios e guias, que podem ser consultados facilmente em seu *website*, como também acontece para a Austrália e EUA. Cada localidade pode adotar suas próprias legislações, mas sempre tendo como referência as diretrizes a nível nacional. Padrões de armazenamento são propostos, conforme as características das precipitações, como mostra o resumo dos critérios detalhados na seção 4.3 (ver Quadro 6).

Quadro 6 - Resumo dos padrões de armazenamento exigidos no Reino Unido

Armazenamento de Interceptação	Armazenamento de Longo Prazo (ALP)	Armazenamento de Atenuação	Impossibilidade de Utilização do ALP
Precipitações < 5 mm (vala de infiltração ou pavimento permeável)	(1) $V_{pós}$ e $V_{pré}$ devem ser dimensionados para $T = 1$ e 100 anos e $t_c = 6$ horas, e $V_{pós} - V_{pré}$ armazenado (2) $Q_{máx} = 2$ l/s.ha	V calculado para $T = 1$ e 100 anos para precipitação de duração crítica	(1) $T = 1$ e Q_{bar} ou (2) $Q_{máx} = 2$ l/s.ha para $T = 100$

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Fica claro que a situação dos três países acima citados quando se trata de drenagem urbana é bem melhor do que a do Brasil. A disponibilidade de órgãos, manuais, regras e informações, só demonstra a importância dada ao tema e como eles têm buscado se adaptar as mudanças nos conceitos de drenagem.

O Brasil tem muito que melhorar neste aspecto, pois além da ausência de legislação em âmbito nacional, faltam muitas vezes órgãos voltados exclusivamente para essas questões. Poucos municípios possuem regras para orientar os projetos de drenagem, menos ainda em relação ao dimensionamento, execução e manutenção de elementos de controle. Embora alguns municípios estejam mais a frente, no geral, ainda há muito que avançar.

Para as cidades analisadas neste trabalho, o Quadro 7 aponta os aspectos legais exigidos para o controle de escoamento. Todas as medidas presentes nos regulamentos, dizem respeito a soluções de controle na fonte. Além da limitação da taxa de permeabilidade mínima, por meio das leis de uso e ocupação do solo, existem decretos e leis que obrigam a adoção de instrumentos como: reservatório de detenção em lote, piso drenante, telhado verde e limite de vazão.

É perceptível, por exemplo, que a legislação do Rio de Janeiro, trate-se de uma cópia da apresentada para São Paulo. Fica então o questionamento quanto a existência de um estudo para o município, que tenha considerado as peculiaridades e condições locais, para só então sancionar a lei.

Quadro 7 - Aspectos legais para o controle de escoamento em cidades brasileiras
(São Paulo, Curitiba, Rio de Janeiro, Porto Alegre e Recife)

LOCALIDADE	TAXA DE PERMEABILIDADE MÍNIMA	OUTRAS EXIGÊNCIAS DE CONTROLE NA FONTE		
		Ano	Medidas de Controle	
São Paulo	15 a 90%	2002	Reservatório de detenção na fonte para lotes edificadas ou não com $A_{imp} > 500 \text{ m}^2$	30% de piso drenante para estacionamentos
Curitiba	25 a 80%	2003/2007	Reservatório de detenção para lotes com $A_{imp} > 3000 \text{ m}^2$	(1) 15 e 25% - adotar A_{imp} para cálculo do V_{esc} ou (2) TP < 15% - adotar A_{lote} para cálculo do V_{esc}
Rio de Janeiro	10 a 60%	2004	Reservatório de retardo para lotes edif. ou não com $A_{imp} > 500 \text{ m}^2$	30% de piso drenante para estacionamentos
Porto Alegre	7 a 56%	2014	Técnica de infiltração ou armazenamento para $Q_{m\acute{a}x} = 20,8 \text{ l/s.ha}$	-
Recife	20 a 70%	2015	Reservatório de acúmulo ou detenção para lotes com $A > 500 \text{ m}^2$ e $A_{imp} > 25 \%$	Telhado verde: (1) para habitações multifamiliares > 4 pavimentos ou (2) edificações não-habitacionais com $A_{coberta} > 400 \text{ m}^2$

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Para a cidade de João Pessoa, pode-se afirmar que há um longo caminho a percorrer para que se alcance uma gestão considerada ideal. A prova disto evidencia-se na inexistência de um Plano de Diretor de Drenagem Urbana para o município, o qual começou a ser discutido em 2009 e até hoje não saiu do papel, demonstrando que a gestão das ações de infraestrutura é um dos principais causadores dos problemas. Sendo assim, fica claro que enquanto não forem tomadas medidas sustentáveis, mais dinheiro público será gasto com obras de recuperação e manutenção, pois apesar do que se tenta transparecer, tais medidas não são definitivas.

Um outro aspecto importante a ser discutido é a existência de capacitação profissional e estudos voltados para esta temática. Ainda é muito comum a falta de conhecimento sobre os avanços já realizados, pois para muitos profissionais e acadêmicos da engenharia civil, a drenagem urbana está associada apenas a construção de galeria e canais, ou seja, medidas convencionais para solução de problemas pontuais. É fundamental avaliar a relevância que tem sido dada ao assunto dentro das universidades para formação de profissionais qualificados nesta área.

Diante desta perspectiva, algumas proposições podem ser feitas para contornar a condição atual de João Pessoa:

- elaboração do Plano Diretor de Drenagem o quanto antes, por ser uma ferramenta de orientação; e,
- possibilidade de imposição legal para implementação de soluções de controle na fonte, como já acontece em outras cidades; e
- criação de um órgão ou departamento que trate exclusivamente do manejo de águas pluviais.

Seguindo a segunda proposição, poderia ser exigido, por exemplo, que todo lote edificado ou não com área superior 500 m² e com taxa de impermeabilização maior do que 25% implemente reservatório de detenção, seguindo o exemplo de Recife. Ainda, pode-se limitar a vazão máxima a ser lançada na rede pública para os casos em que não for possível a infiltração, a qual deve sempre ser priorizada, como acontece em Porto Alegre.

Algumas outras medidas de controle na fonte podem ser exigidas, incluindo o uso de pavimentos permeáveis para áreas de estacionamentos, tal como é feito em

São Paulo e Rio de Janeiro. Pode-se também executar valas e trincheiras de infiltração nas imediações das principais avenidas, quando possível.

Por outro lado, programas para analisar a possibilidade de implantação de soluções localizadas ao longo da cidade, seria mais um meio de ação. Bacias de retenção ou detenção poderiam ser dispostas em pontos estratégicos para controle da vazão a jusante, recuperando as características de pré-desenvolvimento da bacia de drenagem.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como apresentado em todo o escopo deste trabalho, o conceito de drenagem urbana evoluiu ao longo da história com a finalidade de se adaptar as mudanças no mundo e melhorar a qualidade de vida e as condições ambientais. Desde a década de 70, diferentes locais têm buscado se adequar a estas transformações com estudos e o experimento de novas tecnologias e métodos.

Países como Austrália, Estados Unidos e Reino Unido possuem um longo histórico de investimentos em inovação e disseminação de conteúdo para proporcionar uma adequação mais eficiente. A existência de órgãos e setores especializados em drenagem urbana, produção de manuais e guias, imposição de legislações e regulamentos, são alguns exemplos de medidas tomadas. Há uma preocupação por parte dos governos federal, estadual e municipal em atualizar os modelos de gestão e promover discussões e programas que viabilizem modificações primordiais.

Dentro da proposta de pesquisa escolhida, é possível perceber que o Brasil ainda caminha a passos lentos em direção ao “futuro”. A baixa qualidade dos investimentos públicos em infraestrutura, refletem também na drenagem urbana, como nas demais áreas. E, mesmo havendo em algumas partes do país um certo progresso, este setor tem sido negligenciado por muitos anos.

Já João Pessoa, é mais um reflexo da má gestão que acontece no país como um todo. A cidade vem se desenvolvendo rapidamente sem que haja um planejamento satisfatório para a drenagem urbana no território. Não há uma consideração pelo emprego de medidas sustentáveis, falta proposição de normas, legislações e orientações técnicas a respeito, não há se quer um Plano Direto de Drenagem Urbana para o município.

O uso de legislação para obrigatoriedade de aplicação de técnicas compensatórias para os grandes geradores de escoamento em João Pessoa, seja para novos empreendimentos ou aqueles que venham passar por remodelações, como já acontece nos municípios de São Paulo, Curitiba, Rio de Janeiro, Porto Alegre e Recife, é uma alternativa a ser avaliada.

Antes de qualquer coisa, deve-se difundir ainda mais esta área de conhecimento, traçar metas e elaborar planos de ações. Além disso, os cursos responsáveis por formar profissionais habilitados a atuar no ramo da drenagem urbana precisam disponibilizar em suas grades, disciplinas que priorizem o ensino sobre como associar os elementos do sistema tradicional às soluções compensatórias, pois em muitos casos o enfoque tem sido dado apenas ao modelo clássico

Pelas razões descritas, é notória a urgência em se tratar do assunto para a cidade de João Pessoa. A falta de discussões e ações poderá levar em um futuro breve, a mais intervenções e correções no sistema atual, em uma proporção que talvez não estejam dentro da realidade do município.

REFERÊNCIAS

ABCP. **Projeto Técnico: Microrreservatórios**. Soluções para Cidades. 2013b. Disponível em: <http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Microrreservat%C3%B3rios_web.pdf>. Acesso em: setembro de 2017

ABCP. **Projeto Técnico: Reservatórios de Detenção**. Soluções para Cidades. 2013a. Disponível em: <http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf>. Acesso em: setembro de 2017

ABES. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. 396 p. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB. Rio de Janeiro. 2009. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf>. Acesso em: agosto de 2017.

AQUAFLUXUS. **Drenagem Sustentável**. 41 p. Sem data. Disponível em: <http://material.aquafluxus.com.br/ebook-drenagem-sustentavel?utm_campaign=ebook_drenagem_sustentavel&utm_medium=email&utm_source=RD+Station>. Acesso em: setembro de 2017

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Lei nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007**. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>>. Acesso em: novembro de 2017

BAPTISTA, M. B. et al. **Águas pluviais: técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas: guia do profissional em treinamento: nível 2 e 3**. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 52 p.

BRITO, F; PINHO, B. A. T. D. **A Dinâmica do Processo de Urbanização do Brasil, 1940-2010**. Disponível em: <[http://www.abep.nepo.unicamp.br/xviii/anais/files/POSTER\[672\]ABEP2012.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/xviii/anais/files/POSTER[672]ABEP2012.pdf)>. Acesso em: julho de 2017

CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Lei nº 9800 2000**. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-curitiba-pr>>. Acesso em: novembro de 2017

CÂMARA MUNICIPAL DE RECIFE. **Lei nº 18.112, de 12 de janeiro de 2015.** Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280138>>. Acesso em: novembro de 2017

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Lei Nº 13.276, 04 de janeiro de 2002.** Disponível em: <http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=05012002L%20132760000>. Acesso em: novembro de 2017

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016.** Disponível em: <<http://documentacao.camara.sp.gov.br/iah/fulltext/leis/L16402.pdf>>. Acesso em: novembro de 2017

CHOULI, E.; DEUTSCH, J.; AFTIAS, E. **Applying Storm Water Management in Greek Cities: Learning from the European Experience.** Science Direct. Desalination 210 (2007) 61–68. 2007. 7 p.

CITY OF CHAMPAIGN. **Second Street Detention Basin Photo Gallery.** 2010. Disponível em:< <http://champaignil.gov/wp-content/uploads/2010/08/Preservation-Pond.jpg>>. Acesso em: setembro de 2017

COMMONWEALTH OF AUSTRALIA. **Stormwater management in Australia.** The Senate. Environment and Communications References Committee. 2015. 80 p. Disponível em: <https://www.aph.gov.au/Parliamentary_Business/Committees/Senate/Environment_and_Communications/Stormwater/Report>. Acesso em: outubro de 2017

CULTARAMIX.COM. **Asfalto Poroso.** 2010. Disponível em: <<http://www.culturamix.com/cultura/curiosidades/asfalto-poroso/>>. Acesso em: setembro de 2017

CURITIBA. **Decreto nº 791/2003.** Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2003/79/791/decreto-n-791-2003-dispoe-sobre-os-criterios-para-implantacao-dos-mecanismos-de-contencao-de-cheias>>. Acesso em: novembro de 2017

CURITIBA. **Decreto nº 176/2007.** Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2007/17/176/decreto-n-176-2007-dispoe-sobre-os-criterios-para-implantacao-dos-mecanismos-de-contencao-de-cheias>>. Acesso em: novembro de 2017

EA. **Rainfall Runoff Management for Developments - Report – SC030219**. 2013. 128 p. Disponível em: <http://evidence.environment-agency.gov.uk/FCERM/Libraries/FCERM_Project_Documents/Rainfall_Runoff_Management_for_Developments_-_Revision_E.sflb.ashx>. Acesso em: outubro de 2017.

EPA. **Fact Sheet 1.0 - Stormwater Phase II Final Rule: An Overview**. Fact Sheet Series. 2000a revised 2005, Washington, D.C. 2046. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/fact1-0.pdf>>. Acesso em: outubro de 2017.

EPA. **Fact Sheet 2.0 - Stormwater Phase II Final Rule: Small MS4 Stormwater Program Overview**. Fact Sheet Series. 2000a revised 2005, Washington, D.C. 2046. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/fact1-0.pdf>>. Acesso em: outubro de 2017.

EPA. **Fact Sheet 3.0 - Stormwater Phase II Final Rule: Small Construction Program Overview**. Fact Sheet Series. 2000a revised 2005, Washington, D.C. 20460. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/fact1-0.pdf>>. Acesso em: outubro de 2017.

EPA. **Summary of State Post Construction Stormwater Standards**. 2016. 148 p. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/swstdsummary_7-13-16_508.pdf>. Acesso em: outubro de 2017

ESTÂNCIA CLIMÁTICA DE CUNHA. **Execução de Sarjeta**. Cunha, SP. 2013. Disponível em: <<http://www.cunha.sp.gov.br/estrada-parque-paraty-cunha-rj-165-2781/7-execu-%C2%A6%C2%A6o-de-sarjeta/>>. Acesso em: agosto de 2017

FIBRIA. **Projeto Horizonte 2: Expansão da Unidade Três Lagoas**. Mato Grosso do Sul. 2015. Disponível em: <<http://www.fibria.com.br/projetohorizonte2/o-projeto/sobre-o-projeto/>>. Acesso em: agosto de 2017

FILHO, C. F. M. **História da Drenagem**. Notas de Aula. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/HDren_01.html>. Acesso em: maio de 2017.

FISRWG. **Stream Corridor Restoracion: Principles, Processes, and Practices**. 1998, rev. 2001. 653 p. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044574.pdf>. Acesso em: agosto de 2017

GWA. **Stormwater Management Manual for Western Australia**. Department of Environment. 2004. Disponível em: <<http://www.water.wa.gov.au/urban-water/urban-development/stormwater/stormwater-management-manual>>. Acesso em: maio de 2017

SUDERHSA. **Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba- PR**. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, CH2M HILL e Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002.

IBGE. **Perfil dos Municípios Brasileiros 2013**. Pesquisa de Informações Básicas Municipais. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municípios/2013/munic2013.pdf>. Acesso em: agosto de 2017.

IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: julho de 2017.

IGRA. **Stormwater Retention**. Benefits of Green Roofs: Public Benefits. Disponível em: <http://www.igra-world.com/benefits/public_benefits.php>. Acesso em: setembro de 2017.

INOVVIZY. **Infiltration Trench**. Disponível em: <<https://help.xpsolutions.com/display/XDH2017v2/Infiltration+Trench>>. Acesso em: outubro de 2017.

INOVVIZY. **Swale**. Disponível em: <<https://help.xpsolutions.com/display/XDH2017v2/Swale>>. Acesso em: outubro de 2017.

LANGER, B. **Environmentally beneficial uses of aggregates to be highlighted throughout 2017**. Aggregates Manager: Your Guide to Profitable Production. 2017. Disponível em: <<https://www.aggman.com/environmentally-beneficial-uses-of-aggregates-to-be-highlighted-throughout-2017/>>. Acesso em: setembro de 2017.

LUO, T. et al. **World's 15 Countries with the Most People Exposed to River Floods**. 2015. World Resources Institute. Disponível em: <<http://www.wri.org/blog/2015/03/world%E2%80%99s-15-countries-most-people-exposed-river-floods>>. Acesso em: julho de 2017.

MAPIO.NET. **Bacia de Detenção Praça Júlio Andreatta**. Disponível em: <<http://mapio.net/pic/p-42984915/>>. Acesso em: novembro de 2017

MARTINS, J. R. S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?** Disponível em: <http://www.daae.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidr%C3%A1ulic/gestaodrenagem.pdf>. Acesso em: maio de 2017

MATIAS, M. G. B. **Bacias de Retenção Estudo de Métodos de Dimensionamento**. 205 f. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto. Porto. 2006. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/11929>>. Acesso em: setembro de 2017.

MAZZONETTO, C. **Concreto permeável: Alternativa para Aumentar a Permeabilidade de Pavimentos Submetidos a Cargas Reduzidas, Sistema Demanda Cuidados de Especificação, Instalação e Manutenção**. Revista Pini. 13^a ed, 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/13/concreto-permeavel-alternativa-para-aumentar-a-permeabilidade-de-pavimentos-254488-1.aspx>>. Acesso em: setembro de 2017.

MÉTROPOLE EUROPÉENNE DE LILLE. **Les Tranchées**. Guide sur la Gestion Durable des Eaux Pluviales. Fiche 7. 16 p. 2012. Lille Métropole Services Urbains. Disponível em: <http://services-urbains.lillemetropole.fr/public/doc/eauxPluviales/10_Fiche_Technique_7.pdf>. Acesso em: setembro de 2017.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem Urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2016. 384 p.

MINNESOTA STORMWATER STEERING COMMITTEE. **The Minnesota Stormwater Manual**. Minnesota Pollution Control Agency. 717 p. 2005. Minnesota, United States. Disponível em: <<http://www.pca.state.mn.us/water/stormwater/stormwater-manual.html>>. Acesso em: setembro de 2017.

MUNICÍPIO DE GUIMARÃES. **Câmara de Guimarães Inaugura Bacias de Retenção no Parque das Hortas e Apresenta 2ª Fase de Obras**. 2015. Disponível em: <http://www.cm-guimaraes.pt/frontoffice/pages/1096?news_id=2188>. Acesso em: setembro de 2017.

NAS. **Urban Stormwater Management in the United States**. National Academies of Science. 2009. Washington, DC: National Academies Press, 2009. 598 p. Disponível em: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/nrc_stormwaterreport.pdf>. Acesso em: maio de 2017.

NOAA. **Hydrologic Cycle: Description of the Hydrological Cycle**. Northwest River Forecast Center. Disponível em: <https://www.nwrfc.noaa.gov/info/water_cycle/hydrology.cgi>. Acesso em: agosto de 2017

NO TECH MAGAZINE. **Recharging Groundwater with Water-Harvesting Ditches**. Disponível em: <<http://www.notechmagazine.com/category/water>>. Acesso em: outubro de 2017

NRCS. **Federal Stream Corridor Restoration Handbook - Chapter 3 Images: Disturbances Affecting Stream Corridors**. 1998. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MEDIA/nrcs143_024824.jpg>. Acesso em: agosto de 2017

NSW GOVERNMENT. **Water Sensitive Urban Design Guideline: Applying water sensitive urban design principles to NSW transport projects**. Roads and Maritime Services Centre. 2017. 36 p. Disponível em: <<http://www.rms.nsw.gov.au/documents/projects/planning-principles/urban-design/water-sensitive-urban-design-guideline.pdf>>. Acesso em: outubro de 2017

NUNES, F. G.; FIORE, A. P. **Análise da Impermeabilização dos Solos e Aumento dos Picos de Vazão de Cheias em Bacias Hidrográficas Urbanas**. Boletim Paranaense de Geociências, n. 62-63, p. 47-60, 2008. Editora UFPR. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/geociencias/article/view/7704/11092>>. Acesso em: dezembro de 2017

PA DEP. **Pennsylvania Stormwater Best Management Practices Manual**. Bureau of Watershed Management. 642 p. 2006. Disponível em: <<http://www.elibrary.dep.state.pa.us/dsweb/Get/Document-68851/363-0300-002.pdf>>. Acesso em: setembro de 2017.

PAV BRASIL. **Concregrama (Piso Grama)**. Piso Intertravado – Concregrama. S.D. Disponível em: <<http://www.pavbrasil.com.br/concregrama-pisograma/>> Acesso em: setembro de 2017

PBAGORA. **Canal do Frango em Patos é Inaugurado nesta Segunda**. Patos, PB. 2013. Disponível em: <[http://www.pbagora.com.br/conteudo.php?id=20130824161919&cat=politica&keys=canal-frango-patos-tem-investimento-r\\$-milhoes-aguinaldo-inaugura-nesta-segunda](http://www.pbagora.com.br/conteudo.php?id=20130824161919&cat=politica&keys=canal-frango-patos-tem-investimento-r$-milhoes-aguinaldo-inaugura-nesta-segunda)>. Acesso em: agosto de 2017

PEITOR, T. V. e POLETO, C. **Estudos dos Efeitos de Trincheiras de Infiltração sobre o Escoamento Superficial**. REA – Revista de Estudos Ambientais (Online) v. 14, n. 2esp, p. 57-67, 2012. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/2928/2076>> Acesso em: setembro de 2017

PEARL-KB. **Illustration: rm_images/Storm_water_retention_tank.jpg**. Disponível em: <<http://pearl-kb.hydro.ntua.gr/d/Illustration/12>>. Acesso em: novembro de 2017

PLANALTO. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: novembro de 2017

PLANALTO. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: novembro de 2017

PMJP. **Decreto nº 5.343, de 28 de junho de 2005**. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/DECRETO-5.343-Cabo-Branco.pdf>>. Acesso em: novembro de 2017

PMJP. **Decreto nº 5.900, de 24 de abril de 2007**. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/Decreto5900.2007.pdf>>. Acesso em: novembro de 2017

PMJP. **Lei nº 9.904, de 15 de abril de 2003**. 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>>. Acesso em: novembro de 2017

PMJP. **Plano de Ação João Pessoa Sustentável**. 2014. 141 p. Disponível em: <http://polis.org.br/wp-content/uploads/Plano_de_Acao_Joao_Pessoa_ICES.pdf>. Acesso em: novembro de 2017

PMJP. **Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa – PMSB-JP**. 2014. 141 p. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/semam/plano-municipal-de-saneamento-basico/>>. Acesso em: dezembro de 2017

PORTAL DO PROJETISTA. **Dimensionamento De Boca De Lobo Para Drenagem Urbana**. 2016. Disponível em: <<http://portaldoprojetista.com.br/category/projetando/infraestrutura/drenagem/>>. Acesso em: agosto de 2017

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 23940 de 30 de janeiro de 2004**. Disponível em: <<https://cm-rio-de-janeiro.jusbrasil.com.br/legislacao/917561/decreto-23940-04>>. Acesso em: novembro de 2017

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Decreto Nº 18.611, de 9 de abril de 2014**. Disponível em: <http://dopaonlineupload.procempa.com.br/dopaonlineupload/1099_ce_92592_1.pdf>. Acesso em: novembro de 2017

REZENDE, O. M. **Um breve histórico da drenagem Urbana**. Disponível em: <<http://www.aquafluxus.com.br/um-breve-historico-da-drenagem-urbana/>>. Acesso: maio de 2017

REZENDE, O. M. **Manejo Sustentável de Águas Pluviais: Uso de Paisagens Multifuncionais em Drenagem Urbana para Controle de Inundações**. 99 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização. Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <http://www.peu.poli.ufrj.br/arquivos/Monografias/Osvaldo_Moura_Rezende.pdf>. Acesso em: agosto de 2017

SILVEIRA, A. L. L. **Hidrologia Urbana No Brasil**. Drenagem Urbana: Gerenciamento, Simulação, Controle. ABRH Publicações, nº 3. Editora da Universidade/UFRGS, Porto Alegre. 1998.

SUDS WALES. **Infiltration Trenches**. Disponível em: <<https://www.sudswales.com/types/source-control/infiltration-trenches/>>. Acesso em: outubro de 2017

TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas**. Estudos Avançados, v. 22, n. 63. 2008. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295/11943>>. Acesso em: maio de 2017

TUCCI, C. E. M. **Gestão da Drenagem Urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. 50p. Disponível em: <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38004/LCBRSR274_pt.pdf;jsessionid=911379F456B5FE38AB931BC76DBAD887?sequence=1>. Acesso em: maio de 2017

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. E.M. – Brasília: Ministério das Cidades, 2006. 194p. Saneamento para Todos; 4º volume. Disponível em: <<http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/06906898a257ceb3ec8687675e9e36c8.pdf>> Acesso em: maio de 2017

TUCCI, C. E. M. **Regulamentação da Drenagem Urbana no Brasil**. REGA, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 29-42, jan./jun. 2016. Disponível em: <https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/191/9ab609843c59c2457a38937f5da8e1ac_32607cf292f137e7d029aac1c7362436.pdf>. Acesso em: maio de 2017

TUCCI, C. E. M; MELLER, A. **Regulação das Águas Pluviais Urbana**. REGA, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 75-89, jan./jun. 2007. Disponível em: <https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/69/8f4ed4294f85c10330a3ef128c5c7096_e4578904a7c168c943bb097416702d64.pdf>. Acesso em: novembro de 2017

UGREEN. **Telhado Verde: O Guia Completo**. 9 p. Construções Sustentáveis. Disponível em: <<https://www.ugreen.com.br/wp-content/uploads/2016/03/UGREEN-01-Telhados-Verdes.pdf>>. Acesso em: setembro de 2017.