



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VIII – ARARUNA  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DIEGO FREIRE DE MACÊDO**

**ESTUDO DOS PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM URBANA DE CIDADES  
BRASILEIRAS**

**ARARUNA – PB**

**2021**

**DIEGO FREIRE DE MACÊDO**

**ESTUDO DOS PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM URBANA DE CIDADES  
BRASILEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientadora:** Dra. Maria Adriana de Freitas  
Mágero Ribeiro

**ARARUNA – PB**

**2021**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M141e Macedo, Diego Freire de.  
Estudo dos planos diretores de drenagem urbana de cidades brasileiras [manuscrito] / Diego Freire de Macedo. - 2021.  
79 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2021.

"Orientação : Profa. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Urbanização. 2. Precipitações. 3. Inundações. I. Título

21. ed. CDD 711

DIEGO FREIRE DE MACÊDO

ESTUDO DOS PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM URBANA DE CIDADES  
BRASILEIRAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 13/10/2021.

**BANCA EXAMINADORA**



Profa. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Igor Souza Ogata  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Eng. Anderson Matheus de Sousa Lima  
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Aos meus pais, pela dedicação,  
companheirismo e amizade, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por fazer tudo isso se tornar realidade e por me abençoar todos os dias, agradeço por está concluindo uma das etapas mais importante em minha vida, um sonho de criança.

Aos meus pais por todo amor, suporte, apoio e esforço por ajudarem a tornar esse sonho realidade. Obrigado por todo incentivo e por tudo que fazem por mim.

A minha querida Vó moça (*in memorian*), por ser um exemplo para mim, por todo amor que me deu, por todo incentivo. Meu muito obrigado Professora Francisca.

Aos meus irmãos (Daniel, Debora e Julihermes) por todo companheirismo, por terem me dado forças nos momentos mais difíceis da minha vida e por me ajudarem a tornar esse sonho realidade.

Ao meu padrinho e exemplo de engenheiro civil, Pedro Liberato, por ter me orientado em várias etapas da minha vida, e também por todo o companheirismo. Também as minhas madrinhas (Janaina, Terezinha e Mariana) por sempre se fazerem presente em minha vida.

Ao meu amigo e irmão de vida, Rayan, por todo companheirismo durante a época de colégio e também da universidade, por sempre me ajudar, por ser um amigo que sempre está disposto a ajudar e pôr está realizando este sonho junto comigo.

Ao meu amigo e monitor, Anderson Matheus, que embora fosse de outra turma, sempre esteve disposto a me ajudar com dúvidas sobre assuntos das disciplinas durante a graduação, também por ser um companheiro de pesquisa, um amigo para a vida.

Aos amigos e companheiros de estudos, Rodolfo e Remerson, com várias viradas de noite, estudando e se divertindo, também a Emanuella, por sempre se fazer presente em nossos grupos de trabalhos e também de várias noites viradas. Ao meu amigo, Gabriel Rodrigues (o coreia), que transferiu o curso, meu muito obrigado por toda sua ajuda e companheirismo. Todos são amigos que quero levar para toda a vida.

À professora Maria Adriana, por toda ajuda e empenho em me orientar neste trabalho de conclusão de curso, por ser uma professora exemplar, e também por ser uma excelente pesquisadora que sempre está disposta a ajudar seus alunos/orientandos, também obrigado por todas as sugestões sugeridas ao longo dessa orientação.

Aos professores do Curso de Engenharia Civil da UEPB, em especial, Daniel Baracuy, Igor Souza Ogata, Leonardo Medeiros, Luísa Eduarda, Alessandra Brandão, Alan Cavalcanti, Wiliam Vieira e Gábio Stalin que contribuíram ao longo da minha formação.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade e apoio.

## RESUMO

Nas últimas décadas, o crescimento acelerado e descontrolado da população urbana brasileira intensificou-se radicalmente, formando grandes centros urbanos com alta densidade habitacional. No entanto, não foi acompanhado pela infraestrutura necessária. Esse fenômeno trouxe um uso caótico para a ocupação do solo. Essa prática de forma indevida e não supervisionada tem graves consequências para a sociedade, agravando os impactos como enchentes e inundações, ora devido à alta resistência do solo, ora devido à ocupação em áreas perigosas ou próximas aos rios. Além disso, no Brasil, devido à falta de planejamento para o setor, os gestores não dão a devida atenção à gestão da drenagem urbana. No entanto, destaca-se que há iniciativas isoladas de algumas cidades, as quais têm sido observadas no sentido de promover uma regulamentação para a drenagem urbana associada aos dispositivos de ordenamento do uso e ocupação do solo. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo principal analisar e fazer uma comparação qualitativa entre os Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDrU) de Natal, Rio grande do Norte e João Pessoa, Paraíba com as cidades de Curitiba, Paraná e Juiz de Fora, Minas Gerais, por ter diferentes níveis de infraestrutura urbana, dimensão populacional e territorial. As cidades de João Pessoa e Natal, foram escolhidas por conta de serem as cidades com maiores populações próximas ao Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), além de possuírem regiões metropolitanas e problemas com seus respectivos sistemas de drenagem urbana. Já a escolha por Curitiba, Paraná foi por esta ter uma população maior que a dos municípios supracitados, já que o seu PDDrU contém todas as informações necessárias. Já a opção por Juiz de Fora, Minas Gerais, foi por esta ser uma cidade com população menor que a dos municípios supracitados, e por conseguir os documentos que compõem o PDDrU dela junto ao site de sua prefeitura. Vale destacar, que o que também pesou para a escolha, foi que tanto Juiz de Fora quanto Curitiba, possuem precipitações anuais médias semelhantes às de Natal e de João Pessoa, além disso, estão em regiões diferentes do Brasil e tem culturas bem diferentes uma da outra. Por fim, destaca que a existência do PDDrU para o município é de extrema importância para guiar e conduzir diretrizes do sistema de drenagem do município para mitigar os efeitos das enchentes e inundações, além de buscar um crescimento urbano ordenado e em conformidade com os anseios sócio-ambientais.

**Palavras-Chave:** Urbanização. Precipitações. Inundações.



## ABSTRACT

In recent decades, the accelerated and uncontrolled growth of the Brazilian urban population has radically intensified, forming large urban centers with high housing density. However, it was not accompanied by the necessary infrastructure. This phenomenon brought a chaotic use of land occupation. This practice in an improper and unsupervised manner has serious consequences for society, aggravating impacts such as floods and floods, sometimes due to the high resistance of the soil, sometimes due to occupation in dangerous areas or close to rivers. Furthermore, in Brazil, due to the lack of planning for the sector, managers do not pay adequate attention to the management of urban drainage. However, it is noteworthy that there are isolated initiatives in some cities, which have been observed in order to promote regulations for urban drainage associated with devices for planning the use and occupation of land. Therefore, this work has as main objective to analyze and make a qualitative comparison between the Urban Drainage Master Plans (PDDrU) of Natal, Rio Grande do Norte and João Pessoa, Paraíba with the cities of Curitiba, Paraná and Juiz de Fora, Minas Gerais, for having different levels of urban infrastructure, population and territorial dimension. The cities of João Pessoa and Natal were chosen because they are the cities with the largest populations close to Campus VIII of the State University of Paraíba (UEPB), in addition to having metropolitan regions and problems with their respective urban drainage systems. The choice for Curitiba, Paraná, was because it has a larger population than the aforementioned municipalities, as its PDDrU contains all the necessary information. On the other hand, the option for Juiz de Fora, Minas Gerais, was because it is a city with a population smaller than that of the aforementioned municipalities, and because it obtained the documents that make up its PDDrU from the website of its city hall. It is noteworthy that what also weighed in the choice was that both Juiz de Fora and Curitiba have average annual rainfall similar to those of Natal and João Pessoa, in addition, they are in different regions of Brazil and have very different cultures. other. Finally, it highlights that the existence of the PDDrU for the municipality is extremely important to guide and conduct guidelines for the municipality's drainage system to mitigate the effects of floods and floods, in addition to seeking an orderly urban growth in accordance with the partner's wishes-environmental.

**Keywords:** Urbanization. Precipitation. Floods.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGEVAP	Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul
ANA	Agência Nacional das Águas
COBRAPE	Consórcio Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
IPTU	Imposto sobre a Propriedade Territorial e Urbana
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PDD	Plano Diretor de Drenagem
PDDMA	Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais
PDDrU	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PDDU	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
PDU	Plano Diretor Urbano
PMC	Prefeitura Municipal de Curitiba
PMJF	Prefeitura Municipal de Juiz de Fora
PMJP	Prefeitura Municipal de João Pessoa
PMN	Prefeitura Municipal de Natal
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
SAU	Secretaria de Atividades Urbanas
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura
SEMOPI	Secretaria Municipal de Obras Públicas e Infraestrutura
SEPLAN	Secretaria do Planejamento
SMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SMPU	Secretaria Municipal de Planejamento Urbano
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ilustração do efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico .....	19
<b>Figura 2:</b> Tipos de leito de um rio .....	21
<b>Figura 3:</b> Demonstração das áreas atingidas por Enchentes e Inundações .....	28
<b>Figura 4:</b> Diferença básica entre inundações graduais e bruscas .....	29
<b>Figura 5:</b> Componentes básicos do Plano Diretor de Drenagem Urbana.....	36
<b>Figura 6:</b> Mapa do Brasil sinalizando o estado do Rio Grande do Norte .....	39
<b>Figura 7:</b> Mapa do Município de Natal – Rio Grande do Norte .....	40
<b>Figura 8:</b> Mapa do Rio Grande do Norte sinalizando o município de Natal.....	39
<b>Figura 9:</b> Mapa do Brasil sinalizando o estado da Paraíba .....	43
<b>Figura 10:</b> Mapa do Município de João Pessoa - Paraíba .....	44
<b>Figura 11:</b> Mapa da Paraíba sinalizando o município de João Pessoa .....	43
<b>Figura 12:</b> Mapa do Paraná sinalizando o município de Curitiba .....	48
<b>Figura 13:</b> Mapa do Brasil sinalizando o estado do Paraná .....	48
<b>Figura 14:</b> Mapa do Município de Curitiba – Paraná.....	49
<b>Figura 15:</b> Mapa do Brasil sinalizando o estado das Minas Gerais .....	52
<b>Figura 16:</b> Mapa de Minas Gerais sinalizando município de Juiz de Fora .....	52
<b>Figura 17:</b> Mapa do Município de Juiz de Fora – Minas gerais.....	53

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Resumo comparativo das principais informações dos quatro municípios.....	56
---	----

## SÚMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	17
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	17
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	17
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
<b>3.1 Definição de Drenagem e Uso e Ocupação Do Solo no Brasil</b> .....	18
<b>3.1.1 Gestão de Sistemas de Drenagem Urbana</b> .....	22
<b>3.1.2 Planejamento e regularização</b> .....	25
<b>3.2 Problema gerais enfrentados pelos grandes centros do Brasil com as enchentes</b> .....	27
<b>3.2.1 Ocupação em áreas ribeirinhas</b> .....	30
<b>3.2.2 Urbanização</b> .....	30
<b>3.2.3 Inundações progressivas e graduais</b> .....	32
<b>3.2.4 Inundações bruscas ou repentinas</b> .....	32
<b>3.2.5 Alagamentos</b> .....	33
<b>3.3 Plano Diretor de Drenagem Urbana</b> .....	34
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	37
<b>4.1 Planos escolhidos para comparação</b> .....	37
<b>4.2 Caracterização das áreas de estudo</b> .....	38
<b>4.2.1 Município de Natal, Rio Grande do Norte</b> .....	38
<b>4.2.1.1 Plano de Drenagem Urbana do município de Natal, Rio Grande do Norte</b> .....	41
<b>4.2.2 Município de João Pessoa, Paraíba</b> .....	42
<b>4.2.2.1 Plano de Drenagem Urbana do município João Pessoa, Paraíba</b> .....	45
<b>4.2.3 Município de Curitiba, Paraná</b> .....	47
<b>4.2.3.1 Plano de Drenagem Urbana do município de Curitiba, Paraná</b> .....	50
<b>4.2.4 Município de Juiz de Fora, Minas Gerais</b> .....	51

4.2.4.1 Plano de Drenagem Urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais.....	54
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>56</b>
<b>5.1 Objetivos dos Planos.....</b>	<b>57</b>
<b>5.2 Déficit de dados das redes de drenagens .....</b>	<b>59</b>
<b>5.3 Medidas Estruturais .....</b>	<b>62</b>
<i>5.3.1 Intervenções e modificações em canais .....</i>	<i>62</i>
<i>5.3.2 Bacia de detenção .....</i>	<i>66</i>
<b>5.4 Drenagem Urbana Sustentável.....</b>	<b>70</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) até meados da década de 1960, a taxa de urbanização no Brasil era inferior a 45%. No entanto, nas últimas décadas, a população urbana tem registado um crescimento muito significativo e preocupante, o que tem levado à aceleração da urbanização, atingindo 84,4% da população total em 2010.

Diante desta situação, pode-se afirmar que muitos outros fatores como a insatisfação, a falta de oportunidades, a dificuldade de receber uma boa educação, a falta de perspectiva de vida, etc., levaram as pessoas a emigrarem do meio rural. Com isso, as regiões aceleraram o processo de urbanização.

Assim, é sabido que devido ao crescimento desordenado e descontrolado das cidades, o elevado crescimento da população nas áreas urbanas pode levar a vários tipos de destruição, como, por exemplo, a falta de planejamento, o investimento em infraestrutura, o crescimento habitacional instável e irregular em áreas perigosas, ribeirinhas, encostas e outros locais.

De acordo com Amaral e Gutjahr (2012), a urbanização faz com que o sistema de drenagem passe por alterações e modificações, podendo causar a redução do tempo de concentração das águas e aumentar a sua velocidade de escoamento na bacia hidrográfica, ampliando assim as vazões máximas das bacias urbanas e produzindo maiores picos de enchentes e inundações. Isso ocorre devido à urbanização que provoca efeitos como: a impermeabilidade do solo, a canalização dos escoamentos a redução da evapotranspiração e do escoamento subterrâneo, a redução das áreas naturais de detenção e retenção das águas pluviais.

Então, pode-se observar que com o crescimento da população de forma desordenada, ocorreu alguns efeitos adversos, alguns exemplos são temperaturas mais altas, aumento da poluição, expansão do zoneamento em áreas irregulares próximas aos cursos d'água, impermeabilização do solo e aumento da produção de resíduos sólidos descartados em locais inadequados.

O desencadeamento dos fatos não acarreta apenas uma série de consequências destrutivas para a população, mas também para a cidade em que se inserem, incluindo terríveis enchentes urbanas. Segundo Clarke e King as Enchentes afetam milhões de pessoas todos os anos. Quase sempre consideradas 'desastres naturais', muitas se agravam por causa do desmatamento, da drenagem de zonas úmidas e da tentativa de controlar o fluxo dos rios. Além

disso, é constantemente anunciado nos veículos de imprensa que as enchentes estão entre os desastres naturais de maior destaque no Brasil.

De acordo com Righetto (2009), o controle e a minimização dos efeitos adversos das enchentes urbanas não se limitam ao princípio dominante no meio técnico tradicional, como o de se propiciar o afastamento e o escoamento das águas pluviais dos pontos críticos, mas da agregação de um conjunto de ações e soluções de caráter estrutural e não estrutural, envolvendo execuções de grandes e pequenas obras e de planejamento e gestão da ocupação do espaço urbano, com legislações e fiscalizações eficientes quanto à geração dos deflúvios superficiais advinda do uso e da ocupação do solo.

Para Cruz, Souza e Tucci (2007), na maioria dos municípios brasileiros, a gestão da drenagem urbana ainda não é tratada com a devida importância pelos gestores, dada a ausência de um planejamento específico para o setor. No geral, as secretarias de obras municipais que realizam o gerenciamento da drenagem urbana, apresentam um sistema desvinculado das ações planejadas para os demais setores relacionados, como água, esgoto e resíduos sólidos. Destaca-se que há iniciativas isoladas de algumas cidades, as quais têm sido observadas no sentido de promover uma regulamentação para a drenagem urbana associada aos dispositivos de ordenamento do uso e ocupação do solo. Contudo, estas iniciativas ainda carecem de uma visão integrada aos processos urbanos e da consideração de conceitos que os aproximem à sustentabilidade.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar os planos diretores de drenagem urbana de quatro cidades brasileiras, comparando-os entre si, que apresentam diferentes níveis de infraestrutura urbana e possuem importância política, social e econômica em seus estados.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar as implicações, objetivos e déficits dos dados sobre os sistemas de drenagem urbana, comparando estes aspectos entre as quatro cidades analisadas;
- Realizar levantamento das áreas críticas, confrontar e avaliar as principais medidas estruturais e não estruturais de drenagem urbana sustentável ou não, propostas nos planos de Drenagem Urbana das cidades;
- Apontar os problemas visualizados, bem como, sugerir eventuais medidas mitigadoras, buscando auxiliar a administração pública no tocante à visualização dos problemas sobre o sistema de drenagem urbana dos municípios, identificando as possíveis deficiências nos Planos de Drenagem Urbana.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Definição de Drenagem e Uso e Ocupação Do Solo no Brasil

O termo drenagem urbana é entendido por Tucci et al. (2007a) como uma série de medidas que visam minimizar os riscos relacionados às enchentes, reduzir os danos causados destas e alcançar um desenvolvimento urbano harmonioso, claro e sustentável.

No entanto, o que se observa sobre a drenagem urbana no contexto atual no Brasil é bem diferente. Marques (2006) afirma que além de um desenvolvimento desordenado, o crescimento urbano não tem sido monitorado por sistemas de infraestruturas. Com isso, os sistemas de drenagem não conseguem acompanhar o crescimento e expansão urbana.

Ainda, de acordo com Tasca (2012), a história mostra que, na área de saneamento, por questões prioritárias, o abastecimento de água tratada sempre teve maior destaque, o que torna outros campos “menos importantes”.

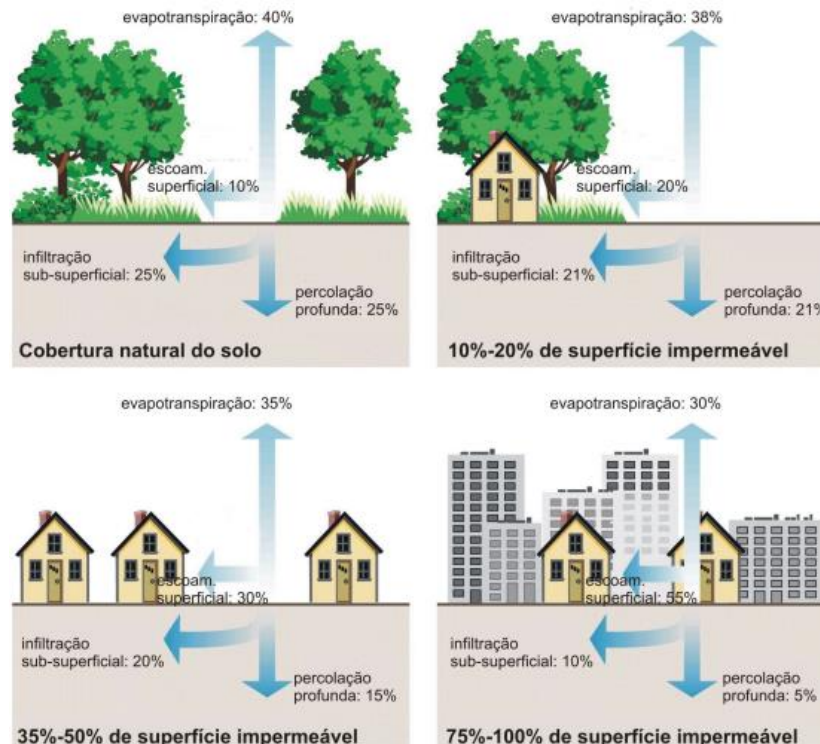
Braga (1994) *apud* Canolhi (2005), analisou que no âmbito dos grandes terrenos urbanos, a drenagem urbana nas grandes cidades é sempre realizada de forma auxiliar. De modo geral, a não incorporação de sistemas de drenagem nos estágios iniciais de desenvolvimento urbano resultará em projetos muito caros ou inviáveis.

De acordo com Tucci (1997) a urbanização produz vários impactos quando se trata da drenagem urbana. Destacando os principais impactos, temos:

- i. Aumento do escoamento superficial, vazão máxima dos hidrogramas, e antecipação dos picos;
- ii. Redução da evapotranspiração do escoamento subterrâneo e lençol freático;
- iii. Aumento da produção de material sólido;
- iv. Deterioração da qualidade das águas superficiais, principalmente no início das chuvas pela drenagem de águas que carregam material sólido e lavam as superfícies urbanas.

Vale destacar que esses impactos estão relacionados com o desmatamento, substituição da cobertura vegetal natural, instalação de rede de drenagem artificial, inundação, impermeabilização superficial, redução do tempo de concentração e aumento da vazão superficial. Dessa forma, com todos esses impactos a drenagem urbana é afetada drasticamente, como observa-se na figura 1, abaixo.

**Figura 1:** Ilustração do efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico



Fonte: Paz (2004)

Vale destacar que para o tema em estudo, Tucci (2000) fez a seguinte observação: cada habitante produz em média 49 metros quadrados de área impermeável na bacia, e que a cada 10% de acréscimo dessa área, o escoamento superficial aumentar aproximadamente 100%.

Para o processo de assentamento dos agrupamentos populacionais, o sistema de drenagem se sobressai como um dos mais sensíveis problemas causados pela urbanização, tanto em razão das dificuldades de esgotamento das águas pluviais quanto em razão da interferência com os demais sistemas de infraestrutura, além de que, com retenção da água na superfície do solo, surgem diversos problemas que afetam diretamente a qualidade de vida da população.

O sistema de drenagem de um núcleo habitacional é o mais destacado no processo de expansão urbana, ou seja, o que mais facilmente comprova a sua ineficiência, imediatamente após as precipitações significativas, trazendo transtornos à população quando causa inundações e alagamentos (FUNASA, 2006).

De acordo com o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PPDrU) de Porto Alegre (2005), os problemas enfrentados pelas cidades brasileiras estão relacionados diretamente com a forma que a cidade se desenvolve, alguns dos problemas são a falta de planejamento, o controle do uso do solo, a ocupação de áreas de risco e os sistemas de drenagem inadequados. Com relação à drenagem urbana, pode-se dizer que existem duas condutas que tendem a agravar ainda mais a situação:

- Os projetos de drenagem urbana têm como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério aumenta em várias ordens de magnitude a vazão máxima, a frequência e o nível de inundação de jusante;
- As áreas ribeirinhas, que o rio utiliza durante os períodos chuvoso como zona de passagem da inundação, têm sido ocupadas pela população com construções e aterros, reduzindo a capacidade de escoamento. A ocupação destas áreas de risco resulta em prejuízos evidentes quando o rio inunda seu maior leito.

Então, cabe mencionar, que Castro (2007) observou que desde as primeiras aglomerações, formação de distritos e cidades, estas e os cursos de água sempre tiveram uma ligação muito importante ao longo da história da humanidade. Dessa forma, o mesmo autor analisou que a localização das cidades é preferencialmente junto aos cursos de água em função de favorecer o suprimento para consumo e higiene das populações, além da evacuação de dejetos, navegação e defesa.

Analisando os aspectos supracitados, pode-se observar que Tucci (2005a) mencionou que os efeitos combinados de diferentes distritos levam a um aumento das inundações a jusante através da sobrecarga da drenagem secundária (tubos) em drenagens de grande escala (rios e cursos de rios) nas cidades. Esses fatores têm grande influência no aumento das enchentes no meio urbano.

Segundo Schwab (2010), o zoneamento tem capacidade de limitar o desenvolvimento em áreas de riscos a usos que não sofreriam perdas extensas quando da ocorrência de desastres, incentivando o crescimento das cidades em locais seguros. Diante disso, o mesmo está entre as ferramentas mais eficazes de planejamento para reduzir os riscos às inundações. Então, para que a ferramenta funcione bem, deve ser especificada a localização, tipo, quantidade, densidade e características do desenvolvimento permitidos nos distritos de zoneamento mapeados.

O mesmo autor lembra que as regulamentações mais comuns coíbem o desenvolvimento dentro do leito menor, onde obstruções limitariam sua capacidade, aumentando a ocorrência de inundações a jusante, e também restringem o desenvolvimento no leito maior. EXCIMAP (2007) ressalta que a proposição de regulamentações para o uso do solo é dificultada devido ao fato de não haver critérios comuns para a ocupação de áreas sujeitas a inundações.

**Figura 2:** Tipos de níveis do leito de um rio

Fonte: Rezende e Araújo (2015)

Junior e Coelho (2005) mencionam que o planejamento urbano é compreendido principalmente nos planos diretores e no zoneamento do uso e ocupação do solo, o qual compreende uma cidade virtual que não se atenta com as condições reais de produção da cidade pelos agentes que atuam no mercado informal, com isso ignora grande parte da população urbana, a qual tem baixa renda e não conseguem ter capacidade de investir em um espaço urbano adequado, já que o mesmo se tornou uma mercadoria de alto custo. Dessa forma, esta população constrói suas moradias nos espaços “que sobram” da cidade regulada, exemplificando, são áreas vedadas para o estabelecimento dos mercados formais, como margens de córregos, encostas, áreas rurais ou de preservação. Sendo assim, conclui-se que a população de baixa renda invade terrenos “non edificandi” e ali permanece.

De acordo com Andrade e Romero (2006), as ocupações irregulares, na maioria das cidades brasileiras, não ocorrem por falta de norma, já que a legislação ambiental brasileira é bastante rigorosa, mas pela sua não aplicação por parte dos agentes públicos, pelo desconhecimento técnico, pela corrupção no trato dessas questões e pela inviabilidade de algumas ações diante de situações sociais incontroláveis.

Deve-se atentar que além dos problemas supracitados, o ideal é que se tenha um sistema de drenagem integrado urbano, como citado por Maksimovic (2001), os sistemas integrados têm como papel, além da cobertura urbana de proteção contra inundações, cuidar do melhoramento da qualidade de vida pela produção de feições aquáticas, criando amenidade urbana na cidade. Tucci (2001) destaca que os municípios têm dificuldades em implantar um planejamento integrado por conta das suas limitações de capacidade institucional para problemas tão complexos e interdisciplinares.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre (2005), traz em seu conteúdo princípios de controle de inundações, para tentar combater essa tendência, mencionando o seguinte:

- O aumento de vazão devido à urbanização não deve ser transferido para jusante;
- Deve-se priorizar a recuperação da infiltração natural da bacia, visando à redução dos impactos ambientais;
- A bacia hidrográfica deve ser o domínio físico de avaliação dos impactos resultantes de novos empreendimentos, visto que a água não respeita limites políticos;
- O horizonte de avaliação deve contemplar futuras ocupações urbanas;
- As áreas ribeirinhas somente poderão ser ocupadas a partir de um zoneamento que contemple as condições de enchentes; as medidas de controle devem ser preferencialmente não estruturais.

Em um estudo realizado por Cruz e Tucci (2007), foi analisada a drenagem de Porto Alegre existente para mostrar que o custo do controle futuro dos impactos é três vezes superior que a gestão preventiva na drenagem urbana. Dessa forma, tem-se que medidas preventivas no desenvolvimento urbano - planejamento e controle de mananciais, distribuição de espaços de risco e desenvolvimento de sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto - reduzem o custo da solução de problemas relacionados à água (TUCCI, 2005b).

### ***3.1.1 Gestão de sistemas de drenagem urbana***

De acordo com a Lei nº 11.445 de 2007, a gestão é entendida como atividades relacionadas ao planejamento, formalização, fiscalização, prestação de serviços e controle social, que estabelece diretrizes nacionais para a saúde básica.

De acordo com Borges e Almeida (2006), a gestão e sistemas de drenagem são diferentes, pois, a gestão é um processo mais amplo e complexo, e sua condução está inserida e funciona no plano.

A definição de gestão da drenagem urbana, é a qual envolve o manejo do escoamento no tempo e no espaço, visando minimizar danos à sociedade e ao ambiente. Já a visão moderna da gestão desenvolve a integração dos recursos hídricos na bacia hidrográfica e das águas urbanas (CARLOS E TUCCI, 2012).

Ainda de acordo com os mesmos autores, para uma gestão de drenagem urbana eficiente, é necessário definir os controle dos impactos (medidas legais para controlar os impactos existentes e futuros na drenagem urbana, o que implica em restrições em novas obras, sejam elas reformas ou novas construções, além de incentivos para as já existentes) e os modelos de gestão e financiamento (mecanismo de sustentabilidade financeira para o gerenciamento dos serviços e viabilização do funcionamento do sistema de gestão). Os dois componentes citados podem ser utilizados para se obter um resultado conjunto, o qual evita os impactos na drenagem urbana, e para o financiamento da gestão sustentável da drenagem na cidade.

O sistema de drenagem é o nome de uma série de estruturas instaladas em um determinado local para reter, tratar e transportar a água da chuva. Tais sistemas podem ser públicos, na forma de canais de água e ralos, por exemplo, podem ser instalados em residências, como casas e apartamentos, ou mesmo em edifícios comerciais, como fábricas e lojas, e podem ter uma estrutura simples. Concentra apenas o básico ou complexo, pode coletar, processar e distribuir água em diversos pontos diferentes.

De acordo com Carlos e Tucci (2012) no ambiente urbano a gestão das ações pode ser definida como sendo uma relação de dependência da água por meio da bacia hidrográfica ou da jurisdição administrativa da cidade, do estado ou da nação. A tendência da gestão dos recursos hídricos tem sido realizada por meio da bacia hidrográfica. Vale destacar que Tucci (2008) menciona que em uma cidade o espaço interno é de jurisdição legal e administrativa do município, mas o mesmo influencia diretamente em uma ou mais bacias hidrográficas, pois ele está espacialmente localizado em uma ou mais destas, as quais aquele exporta seus impactos.

Para esse caso, Tucci e Meller (2007) mencionam que o controle se estabelece através de medidas por meio de uma legislação municipal e ações estruturais específicas, contudo, destaque-se que grande parte dos municípios brasileiros não dispõem de uma capacidade técnica especializada para solução de tais problemas. Ainda de acordo com os mesmos autores, a maioria das cidades do país possuem bacias hidrográficas em comum, logo o espaço externo é definido de acordo com cada bacia, ou seja, governo estadual ou federal define o espaço externo com base na bacia hidrográfica.

Carlos e Tucci (2012) verificam que a legislação sobre o uso do solo, que pode ter efeito sobre enchentes urbanas, é municipal. No entanto, tanto os estados quanto a União podem disciplinar o uso do solo para proteção ambiental e controlar a poluição, através de normas. Sendo assim, tem-se que de acordo com o citado acima, em termos de urbana que envolve o

meio ambiente e o controle da poluição, a matéria é de competência concorrente entre município, estado e federação.

Os mesmos autores identificam que os estados, geralmente, incentivam os municípios a introduzirem diretrizes de macrozoneamento urbano nos planos diretores urbanos. Destaca-se que no zoneamento relativo ao uso do solo não são observados os aspectos de drenagem e inundações. Com isso, protege-se mananciais e a ocupação de áreas ambientais, sem permitir alternativas ao proprietário da terra, gerando em realidade um confisco. Este tipo de legislação somente produz reações negativas e desobediência, incentivando o loteamento irregular.

Carlos e Tucci (2012) ainda mencionam que é algo surpreendente verificar que a maioria dos projetos de drenagem urbana não possuem licenciamento ambiental, apesar de provocarem efeitos destrutivo. Isto se deve principalmente pela falta de conhecimento nas entidades de meio ambiente. Então, eles lembram que o que falta ao sistema é a inteligência de gerar mecanismos econômicos de sustentabilidade juntamente com as medidas de comando e controle. Ou seja, os problemas que surgem advindos da drenagem urbana têm características independentes das divisões políticas e administrativas.

Tendo em vista todos os aspectos mencionados, tem-se a necessidade de encontrar uma solução adequada do ponto de vista da bacia hidrográfica para o seu sistema de drenagem. Baptista e Nascimento (2002) destacam que para evitar uma duplicação de trabalho e tentar garantir a continuidade técnica e gerencial das ações, pode-se fazer uma abordagem “intermunicipal” para o lançamento de águas pluviais urbanas. Sobre o tema, Meier e Foleto (2011) acrescentam que a bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade de planejamento territorial, pois a unidade territorial não só abrange toda a dinâmica da área hídrica, mas também permite a participação dos atores sociais nela localizados.

Carvalho (2014) sinaliza para uma normatização do uso do solo com o propósito de se conservar o meio ambiente, o qual ele considera como uma das finalidades precípua do planejamento ambiental integrado de bacias hidrográficas, o que pode e deve ser implementado por meio de um zoneamento. Outros a citarem o tema de planejamento são Maccauley e Hufschmidt (1995) que acentuam sobre o uso de uma bacia hidrográfica como unidade de planejamento, a qual para isso pode considerar uma combinação de vários fatores, como econômicos, políticos, sociais e culturais; relacionados à área da bacia.

Sobre a cobrança de uma taxa pelo serviço de drenagem, Lengler (2012) defende a cobrança para que possa ser financiada a operação e a manutenção do sistema, o que inclui, entre outros, os serviços de limpeza de bocas de lobo, galerias, desassoreamento de córregos,



manutenção dos reservatórios de retenção, redes de ligação e vistorias. Os custos citados são para manutenção da qualidade da rede. No entanto, Gomes e Nascimento (2008) observaram que diferentemente do abastecimento de água e esgoto, que são custeadas pelo consumo pessoal, a drenagem urbana é basicamente custeada pela fazenda municipal (geralmente através do IPTU), ou seja, é custeada de forma indireta pela população, mas nada tem a ver com o consumo pessoal.

### ***3.1.2 Planejamento e regularização***

O conceito de plano definido pelo Decreto nº 7.217 (Brasil, 2010), que regulamenta a Lei nº 11.445 / 07, traz que este deve ser relacionado com à identificação, qualificação, quantificação, organização e direcionamento das ações públicas e privadas, devendo o atendimento ao público ser realizado no âmbito desta atividade prestar de forma adequada.

No aspecto da drenagem urbana, os planos diretores geralmente são utilizados para tratar de funções únicas como a provisão de drenagem, a mitigação de inundações, análise custo/benefício ou a avaliação de risco; os mesmos buscam mencionar métodos e alternativas práticas e específicas de gerenciamento e planejamento (MARQUES, 2006). De acordo com Tucci (2002), o plano mencionado dispõe do objetivo de criar os mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, os quais se relacionam com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana da cidade.

Nascimento (1997) destaca que um PDDrU) deve almejar o planejamento de distribuição de água no tempo e no espaço, visando evitar prejuízos econômicos e ambientais, tendo como base para isso a ocupação urbana e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais; coibir a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco e; conviver com as enchentes nas áreas de baixo risco.

Junior e Coelho (2005) mencionam a falta de planejamento no crescimento das cidades brasileiras, fazendo então que as mesmas não tenham um crescimento equilibrado, ou seja, crescem de forma caótica. Dessa forma, torna-se o planejamento de um PDDrU mais complicado.

A Lei Federal 11.445/07 traz, no seu artigo dezenove (19), que a prestação de serviços públicos de saneamento básico observará um plano, o qual pode ser específico para cada tipo de serviço, o mesmo deve abranger, no mínimo:

- Diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida;

- Objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas;
- Programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas;
- Ações para emergências e contingências;
- Mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.

A mesma lei menciona em seu parágrafo quarto que se houverem planos de bacias hidrográficas, os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis.

Sobre o aspecto da regulamentação, o decreto nº7.217/2010 traz em seu artigo segundo, inciso segundo, que a regulamentação é: todo e qualquer ato que disponha em disciplinar ou organizar determinado serviços públicos, isso inclui suas características, padrões de qualidade, impacto socioambiental, direitos e obrigações dos usuários e dos responsáveis por sua oferta ou prestação e fixação e revisão do valor de tarifas e outros preços públicos, para atingir os seguintes objetivos:

- Estabelecimento de normas e padrões para a prestação de um serviço público adequado e para a satisfação dos usuários;
- Buscar garantir o cumprimento das condições e metas estabelecidas;
- Prevenção e repressão do abuso do poder econômico, ressalvada a competência dos órgãos integrantes do sistema nacional de defesa da concorrência;
- Definição de tarifas e outros preços públicos que assegurem tanto o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos, quanto a modicidade tarifária e de outros preços públicos.

A Lei Federal 11.445 / 07 menciona em seu artigo doze, parágrafo primeiro, que a regulação deve definir, pelo menos: normas técnicas referentes à qualidade, regularidade e quantidade dos serviços serão prestados aos usuários; normas financeiras e econômicas referentes à tarifas, aos subsídios e aos pagamentos por serviço prestados aos usuários; uma garantia para o pagamento pelos serviços prestados; os mecanismos de pagamento de diferenças relativas a inadimplemento dos usuários, perdas comerciais e físicas e outros créditos devidos, quando for o caso; o sistema contábil específico para os prestadores que atuem em mais de um Município.

Silveira et al. (2009) defendem que os usuários do sistema de drenagem municipal, os proprietários dos imóveis devem pagar uma taxa pela drenagem. Ainda mencionam que quem deve ser o responsável pelos recursos advindos da taxa de drenagem urbana são os municípios.

Avaliando o supracitado, os mesmos autores definem dois tipos de cobrança relacionadas a drenagem urbana. Sendo a primeira por uma taxa de serviço cobrada aos proprietários dos imóveis em função do serviço de drenagem prestado pelo município, já a segunda cobrança é referente aos impactos provocados na bacia hidrográfica. Dessa forma, conclui-se que a primeira é uma taxa interna e a segunda externa ao município. Vale mencionar que essas propostas buscam que o município tente amenizar os problemas urbanos causados na bacia e que incentive internamente os proprietários e a administração municipal a promover o controle das águas pluviais no perímetro urbano.

Lengler (2012) lembra que a cobrança de uma taxa pelo serviço de drenagem urbana serve para financiar a operação e a manutenção do sistema, ou seja, os serviços de limpeza de bocas de lobo, galerias, desassoreamento de córregos, manutenção dos reservatórios de retenção, redes de ligação e vistorias. Esses custos estão diretamente ligados à qualidade e manutenção da rede.

De acordo com Baptista e Nascimento (2002) a taxa de drenagem urbana encontra embasamento legal na Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Destaca-se que embora as Resoluções do CONAMA 357/2005 e 430/2011 estabeleçam normas e padrões de qualidade das águas dos rios através de classes, elas não estabelecem restrições com relação aos efluentes urbanos lançados nos rios. No entanto, as mesmas resoluções definem parâmetro para se lançar efluentes de fontes poluidores nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências; mas não cita os efluentes resultantes da pluviometria.

### **3.2 Problema gerais enfrentados pelos grandes centros do Brasil com as enchentes**

Peiter (2012) define que enchentes e inundações são fenômenos naturais, os quais ocorrem com muita frequência no mundo inteiro, principalmente quando há uma quantidade de água muito superior ao leito ou nível natural de um rio, lago, mar ou o oceano; o que resulta transbordamento ou súbita elevação de seu nível normal de água. No Brasil os desastres naturais de maiores impactos, de ISDR (International Strategy for Disaster Reduction, 2005), são as enchentes e deslizamentos de terra.

Destaca-se que enchentes e inundações, são desastres naturais que chegam a se confundir, e que em algumas ocasiões são até considerados sinônimos (PEITER, 2012). No

entanto, o mesmo autor mencionou que o Ministério das Cidades denominou significados diferentes para cada um dos conceitos, sendo eles o seguinte:

- Inundação é o processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio.
- Enchentes ou cheias são a elevação do nível d'água em um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga.

Santana et al. (2016) elucida que a distinção é bastante nítida, sendo as inundações relacionadas com o transbordamento das águas fluviais, atingindo a planície de inundação, comumente denominada de várzea, e as enchentes relacionadas com o denominado maior leito dos canais fluviais podendo alcançar os equipamentos instalados neste setor. A figura a seguir mostra bem essa diferença entre os conceitos mencionados.

**Figura 3:** Demonstração das áreas atingidas por Enchentes e Inundações



**Fonte:** Gonçalves (2018)

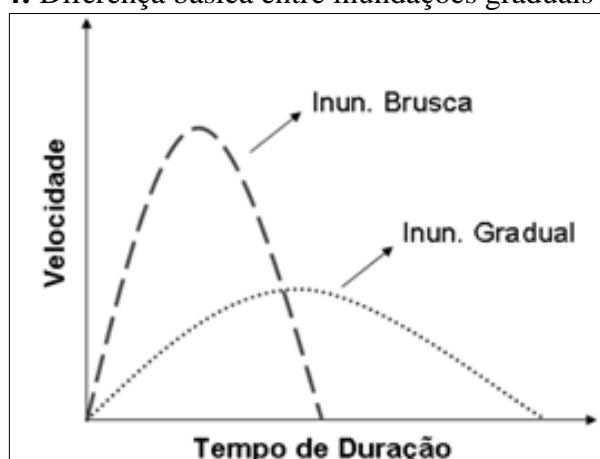
Esses fenômenos são parte de uma dinâmica natural, os quais muitas vezes ocorrem por sob o efeito de chuvas rápidas e fortes ou chuvas intensas de longa duração (AMARAL E RODRIGUES, 2009). Em geral, estes fenômenos são intensificados em função do uso e cobertura do solo nas planícies de inundação e impermeabilizações ao longo das vertentes.

Tasca (2012) ressalta que esses fenômenos passam a ser considerados desastres quando entram em contato com a sociedade, causando danos. Ele ainda faz menção a classificação feita pela Defesa Civil, a qual menciona os desastres causados por inundações em função da magnitude (excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude)

e em função do padrão evolutivo (inundações graduais, inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar). O mesmo autor menciona que é necessário se fazer uma distinção entre as inundações bruscas e graduais, já que a Defesa Civil Nacional mantém e gerencia um sistema de registro de desastres.

Destaca-se que há uma enorme dificuldade em estabelecer um limiar que diferencie os tipos de inundação. Como cada bacia hidrográfica possui sua precipitação, características fisiográficas, tempo de concentração e socioeconômicas próprias, o tempo limite para inundações pode variar muito de acordo com a bacia hidrográfica (KOBİYAMA E GOERL, 2011).

**Figura 4:** Diferença básica entre inundações graduais e bruscas



Fonte: Kobiyama et al. (2006)

Tasca (2012), ainda menciona que os sistemas de drenagem se tornam deficientes com a combinação dos efeitos da urbanização sobre os componentes hidrológicos das bacias hidrográficas, com isso não conseguem desempenhar suas funções de modo satisfatórios, o que pode gerar inundações na área urbana.

Com os efeitos da urbanização, as inundações evoluíram de eventos naturais para desastres naturais ou desastres mistos. Castro (2003) define que os desastres naturais são aqueles provocados por fenômenos naturais extremos, que independem da ação humana; já os desastres mistos são quando as ações e omissões humanas contribuem para intensificar ou agravar fenômenos potencialmente indutores de desastres, ou seja, os associados às ações ou omissões humanas, que contribuem para intensificar, complicar ou agravar os desastres naturais. Castro (2003), menciona que é muito difícil um desastre desses ser puramente natural, logo, é sabido que quase todos os desastres recebem de alguma maneira, uma influência antrópica.

Dessa forma, Tucci (2002) mostrou que as inundações em áreas urbanas são resultadas de dois processos promovidos pela sociedade humana (ocupação em áreas ribeirinhas e urbanização), os mesmos ocorrem de forma isolada ou integrada.

### ***3.2.1 Ocupação em áreas ribeirinhas***

Tucci e Bertoni (2003) destacam que os rios possuem um leito menor onde a água escoar na maior parte do tempo e um leito maior (várzeas) e que a população carente tende a ocupar as áreas de alto risco de inundações, ou seja, começam a construir suas moradias nas áreas ribeirinhas, enquanto a população de maior poder aquisitivo tende a habitar locais seguros. Então, o impacto devido a inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a inundação; este tipo de inundação é um processo natural, o que não é natural é urbanização nas várzeas, pois elas foram criadas pela natureza para servir de depósito de sedimentos e caminhos naturais de ondas de cheias.

Para ocorrer este tipo de inundação, geralmente as bacias devem ser grandes (>500 km<sup>2</sup>), sendo decorrência de processo natural do ciclo hidrológico. Os impactos sobre a população são causados, principalmente, pela ocupação inadequada do espaço urbano (CARLOS E TUCCI, 1999). Portanto, quando se tem um alto volume de chuvas, e a quantidade de água que chega ao rio se torne superior à sua capacidade de drenagem, resulta em inundações nessas áreas. Por fim, é necessário mencionar que os problemas dessa inundação dependem da quantidade de área ocupada da várzea e da frequência que ocorre inundações no rio (TUCCI E BERTONI, 2003).

### ***2.3.2 Urbanização***

Tucci (2010) destaca que a urbanização se trata de um processo de transformação de uma economia rural para uma urbana de serviços nas áreas desta, além do mais, é um processo de desenvolvimento econômico e social. No entanto, Mota (2008) lembra que a urbanização gera efeitos negativos sobre os recursos hídricos; o ciclo hidrológico; as variações climáticas; as cheias naturais dos rios; nos usos e ocupações do solo e; no balanço hídrico. Ele ainda destaca que à medida que o processo avança, os corpos hídricos vão sendo assoreados, tendo as suas águas degradadas.

Santos e Junior (2013) ressaltam que os fatores mais importantes das inundações urbanas são diversos, os quais vão das legislações inexistentes até o aumento gradativo de sedimentos e do escoamento superficial, devido ao lançamento de sólidos nos rios, galerias e canais. Embora existam questões legais, as mesmas não mencionam o controle e a fiscalização em áreas indevidas para uso do solo ou não consideram aspectos de drenagem das bacias hidrográficas.

Com o processo de urbanização, os sistemas de drenagem urbana começam a fraquejar em suas capacidades de drenagem perante as enchentes, pois o processo citado canaliza os rios fazendo com que as galerias recebam toda a água do escoamento superficial, dessa forma, faz-se com que estas se tornem ineficazes, já que não disponham de tanta capacidade de recepção para as águas pluviais (FREITAS et al., 2011).

Dessa forma, o desenvolvimento urbano no Brasil tem gerado problemas significativos, já que se teve um aumento significativo na frequência de inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água. Ressalta-se que o planejamento urbano, embora envolva fundamentos interdisciplinares, na prática é realizado dentro de um âmbito mais restrito do conhecimento (CARLOS E TUCCI, 1999).

Kobyama et al. (2006) trazem que para o controle de cheias existem dois tipos de medidas preventivas que podem ser tomadas para evitar maiores desastres, as estruturais e as não estruturais, o mesmo afirma que estas medidas podem ser combinadas para uma solução mais efetiva. Ressalta-se, ainda, que as estruturais possuem um maior custo em relação as não estruturais:

- As estruturais são as que envolvem obras de engenharia, como: barragens, diques, alargamento de rios, etc.
- As medidas não-estruturais são as que envolvem ações de planejamento e gerenciamento, como: sistemas de alerta, seguros de inundação e zoneamento ambiental.

Tucci et al. (2001) traz que o atual gerenciamento não incentiva as medidas preventivas, apesar de que as medidas são menos onerosas que as corretivas, isso se dá pelo fato de que quando ocorre enchentes / inundações, os municípios conseguem declarar situações de calamidade pública, declarando situação de emergência, recebendo assim recursos para ações emergências, que não necessitam de concorrência pública para o uso. De uma certa forma, analisa-se que os governantes não agem de modo preventivo, mas se preparam para a recuperação dos danos que irão ser provocados pelo desastre.

Portanto, um dos maiores desafios é que haja um plano nacional para o combate às enchentes e inundações, assim como a orientação sobre um planejamento urbano para todos os entes da federação e uma política de educação sobre o tema, voltada para a população, levando em consideração a gestão descentralizada dos recursos hídricos (TASCA, 2012).

### ***3.2.3 Inundações progressivas ou graduais***

De acordo com o Ministério das Cidades (2007), as inundações graduais são processos caracterizados pela elevação gradual do nível d'água do canal, a qual tende a escoar gradualmente após algum tempo, podendo ocorrer de forma sazonal ou cíclica, atingindo as margens, chamadas de planícies de inundação. Castro (2003), lembra que elas podem ser vistas como o aumento gradual do nível dos rios acima de suas vazões normais, ocorrendo assim, um transbordamento de águas sobre as áreas adjacentes.

Outra definição é a mencionada pela Defesa Civil do Brasil (2013), o qual traz que inundações graduais são a submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas de intensidade moderada em áreas de planície.

Righi (2016) menciona que ocorrências supracitadas acontecem de forma cíclica e sazonais e são intensificadas por variações do clima, em médio e longo prazo, ou seja, são pouco influenciáveis por variações diárias do tempo. Sendo assim, elas se relacionam com períodos demorados de chuvas contínuas, sendo caracterizadas por sua abrangência e grande extensão.

Esse tipo de inundação se caracteriza por ser um fenômeno característico das grandes bacias hidrográficas e de rios de planícies, como o Amazonas, além do mais, é um fenômeno com períodos demorados de chuvas contínuas do que com chuvas intensas e concentradas (TASCA, 2012). Destaca-se que as mudanças causadas pelo homem intensificam ainda as inundações graduais, devido a impermeabilização do solo, remediação e assoreamento de cursos d'água (TAVARES E SILVA, 2008).

### ***3.2.4 Inundações bruscas ou repentinas***



De acordo com o Ministério das Cidades (2007), as inundações bruscas ou repentinas são causadas por chuvas intensas e concentradas, e são caracterizadas por sua rápida evolução, provocando elevações súbitas dos caudais e ocasionando um escoamento rápido e intenso. Castro (2003), mencionam que estas se caracterizam por um aumento repentino e violento da vazão, que é drenada rápida e fortemente e estão propícias a acontecerem em áreas mais íngremes e em bacia de tamanho médio ou pequeno, sendo que a inclinação do terreno, ao favorecer o escoamento, contribui para intensificar a torrente e provocar danos.

No entanto, devido ao processo de urbanização das últimas décadas, tem-se que as enchentes repentinas também estão ocorrendo em áreas planas nas grandes e médias cidades, ou seja, independentemente de suas declividades, estão inundando em ritmo mais acelerado (KRON, 2002).

Kobiyama e Goerl (2007) destacam que outra característica desse tipo de inundação é seu curto ou nenhum tempo de advertência, devido ao seu desenvolvimento repentino, fazendo com que os moradores não disponham de tempo hábil para proteger e / ou preservar as suas propriedades. Além do mais, a inclinação do terreno agrava a torrente e causa danos ao promover o fluxo.

De acordo com Ucar (2012), a Organização Meteorológica Mundial (OMM) ressalta que as inundações bruscas (*flash floods*) são as formas mais letais de ameaça natural, baseado na razão de mortes por pessoas atingidas, e causam milhões de dólares em danos todos os anos. Por isso, é importante tentar prever esse tipo de inundação, em que, sobre o tema, Castro (2003) traz que se tem a operação do radar meteorológico ajuda a prever inundações repentinas, além do mais, o mesmo consegue prever a precipitação em determinadas áreas com uma precisão razoável. O mesmo autor menciona que essas inundações precisam de pesquisas detalhadas, planejamento abrangente e exigem, também, que a comunidade participe de um planejamento abrangente e de medidas de previsão, prevenção e controle desse tipo de desastre.

### **3.2.5 Alagamentos**

A Defesa Civil de São Bernardo do Campo – SP (2015) define alagamento como o acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por ineficiência no sistema de drenagem e enxurrada, que dificulta a vazão das águas acumuladas, o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.

Outra definição é que, os alagamentos são entendidos como acúmulos de água formados pelas enxurradas, que são escoamentos superficiais provocados por chuvas intensas em áreas totais ou parcialmente impermeabilizadas (VALENTE, 2009).

De acordo com Castro (2003), os alagamentos são frequentes nas cidades mal planejadas ou quando crescem explosivamente, dificultando a realização de obras de drenagem e de esgotamento de águas pluviais.

Hansmann (2013), cita alguns dos fatores influentes nesse fenômeno, como: a substituição de grandes áreas verdes por construções civis, que através da impermeabilização do solo e das construções de condutos e canais, os quais geram escoamentos, e automaticamente aumentam o pico da vazão máxima. Ele ainda destaca que a drenagem não envolve apenas a área da engenharia, envolve também um problema de gerenciamento com componentes políticas e sociológicas, pode-se citar dois, como: a questão dos resíduos sólidos urbanos e o uso inadequado do solo. Estes dois fatores servem como agravantes potenciais de alagamentos.

### **3.3 Plano diretor de drenagem urbana**

O controle de inundação, serve para minimizar os prejuízos causados à sociedade e para que possibilite um desenvolvimento urbano de forma harmônica e sustentável, para isso necessita-se de um conjunto de medidas para buscar a diminuição dos efeitos causados por esse tipo de desastre. (ENOMOTO, 2000). Com isso, faz-se necessário a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PPDrU), com o objetivo de aprimorar o sistema de escoamento de água das cidades através da eliminação e/ou minimização dos problemas causados pelas chuvas (RIBEIRO, 2001).

Carlos e Tucci (2003) ressaltam que a principal função de um PDDrU é mensurar mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, de acordo com o escoamento superficial e dos rios da área urbana da cidade, de modo geral, em como coletar e destinar as águas pluviais. Eles ainda mencionam que a elaboração desses planos é bem recomendada e constitui a estratégia essencial para a obtenção de boas soluções de drenagem urbana. Da elaboração do plano, os mesmos autores lembram que se deve ter como metas:

- Planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infra-estrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais;

- Controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco e;
- Convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco.

Além disso, o PDDrU também deve definir as intervenções estruturais e não estruturais, necessárias ao controle de inundações e à integração dos cursos d'água no cenário urbano (RIBEIRO, 2001).

Para Tucci (2012), as medidas não estruturais são a criação de regulamentos do uso, principalmente em áreas de várzea. Além dessa, tem-se também as seguintes medidas: utilização de mecanismos legais, prevenção de inundações por meio da previsão e alerta, tanto quanto seguros contra os possíveis danos causados e capacitação da população e profissionais.

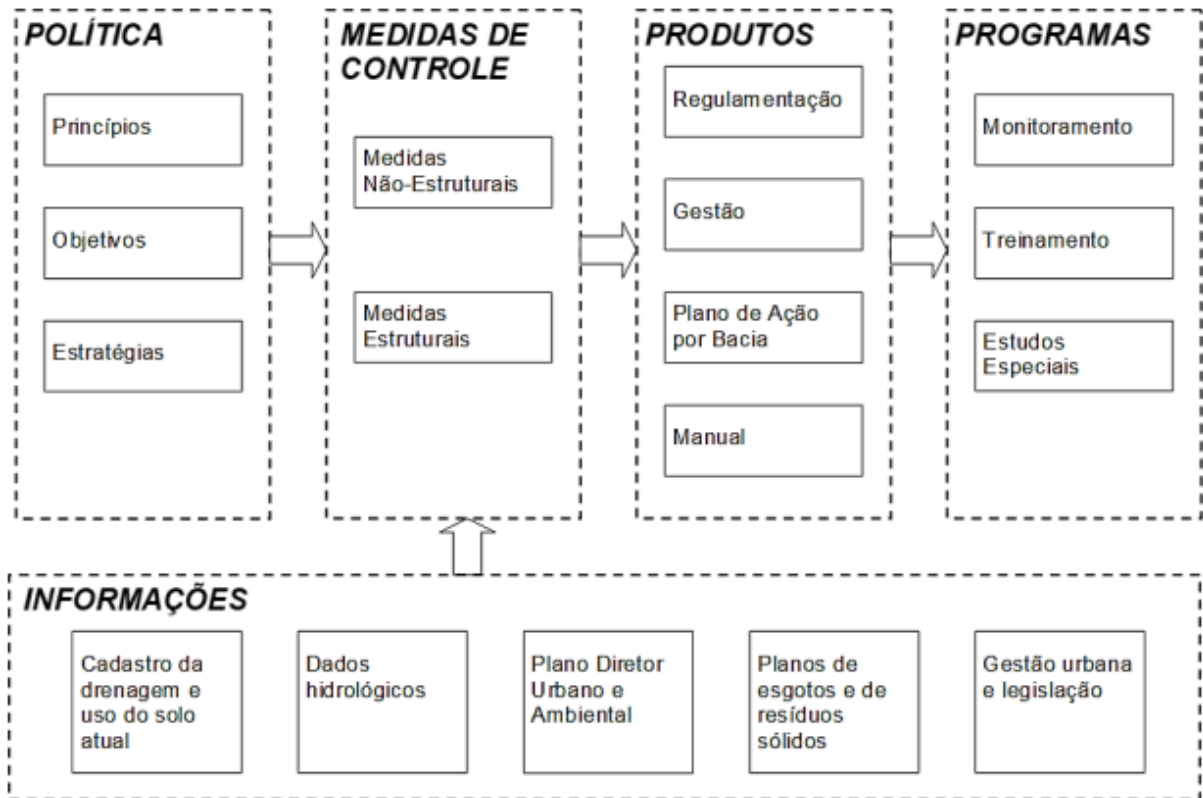
Destaca-se que para Carlos e Tucci (2001), as medidas não-estruturais estão diretamente relacionadas com a regulamentação da drenagem urbana e ocupação dos espaços de riscos visando conter os impactos de futuros desenvolvimentos. Eles ainda mencionam que estas medidas buscam transferir o ônus do controle das alterações hidrológicas devido à urbanização para quem efetivamente produz as alterações.

Para Carlos e Tucci (2003), as medidas estruturais são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de enchentes e inundações. Visam a alteração dos sistemas de drenagem, podendo ser realizadas em nível de microdrenagem e macrodrenagem. As principais medidas estruturais são: canalização, reservatórios subterrâneos, galerias, reservatório de amortecimento e diques em combinação com polders, etc.

Então, tem-se que as medidas não-estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes, enquanto as medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial evitando os prejuízos decorrentes das enchentes (CARLOS E TUCCI, 2003).

Por fim, vale destacar que necessita de algumas informas para a elaboração do plano, como: cadastro da rede pluvial; bacias hidrográficas e suas características físicas; dados hidrológicos (precipitação, vazão e sedimentos). Além disso, precisa-se das informações acerca do Plano Diretor Urbano, Plano Municipal de Saneamento Básico e sistema de Gestão Urbana, para que se faça um sistema integrado (SMPU DE TAQUARA, 2019). A figura a seguir mostra como são os componentes básicos para formação de um PPDrU.

**Figura 5:** Componentes básicos do Plano Diretor de Drenagem Urbana



Fonte: SMPU de Taquara (2019)

## **4 METODOLOGIA**

Este trabalho busca realizar um estudo sobre os Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDrU) de quatro cidades brasileiras. Para o estudo em questão, utilizou-se de consultas em publicações científicas, livros, teses, artigos, documentos e dissertações, voltadas para o tema mencionado. Com isso, através da revisão bibliográfica, buscou-se ter conhecimento para um bom embasamento teórico sobre o tema. Além disso, serviu para mostrar os principais pontos sobre a drenagem urbana e a urbanização desordenada, bem como dos problemas enfrentados pelos grandes centros, como enchentes, inundações e alagamentos dos municípios brasileiros.

De acordo com Nascimento (2016), tem-se que a essa pesquisa é básica, pois a mesma busca gerar conhecimentos sobre o tema, ainda que seja de forma temporária e relativa. Destaca-se, também, que está não tem compromisso de uma aplicação prática do seu resultado. Ainda de acordo com o mesmo autor, quanto a abordagem, essa pesquisa se mostra de forma qualitativa, já que é baseada na interpretação das informações que os planos carregam, já quanto aos objetivos, a mesma é exploratória já que são empregados estudos bibliográficos, que objetivam facilitar familiaridade do pesquisador com o problema objeto da pesquisa, e o estudo de caso de cada plano para obtenção dos resultados almejados.

O estudo dos planos foi realizado através de estudos de casos, o qual buscou por vários PDDrU, para que se pudesse escolher duas cidades que tivessem estes documentos, afim de comparar seus objetivos, intervenções propostas (como as propostas de cada plano) e aplicabilidade ( como medidas estruturais aplicadas), com as situações dos municípios de João Pessoa - Paraíba e Natal – Rio Grande do Norte, sendo a escolha tendo prioridade por uma cidade com uma população um pouco maior e outra um pouco menor que as cidades propostas, além de buscar com que todas elas tenham precipitações anuais médias parecidas entre si. Além dos planos diretores, também foi feita pesquisa sobre volumes adicionais que servem para compor o próprio plano, como os manuais de drenagem.

### **4.1 Planos escolhidos para comparação**

A escolha por João Pessoa, capital do estado da Paraíba, e Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte, se deu por serem as cidades com maiores populações próximas ao Campus VIII, da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), além de possuírem regiões metropolitanas e problemas com seus respectivos sistemas de drenagem urbana.

É importante destacar as dificuldades presentes em encontrar informações consistentes que dessem base para realizar o trabalho em questão, já que o planejamento e a gestão dos recursos hídricos nas cidades brasileiras são precários; isto leva a falta de transparência de dados sobre o tema e até mesmo à disponibilidade do plano diretor de drenagem urbana - PDDrU na biblioteca online do município.

Dessa forma, optou-se por Curitiba, capital do estado do Paraná, como uma cidade com população maior que a dos municípios supracitados, já que o seu PDDrU contém todas as informações necessárias, além da mesma ser uma grande cidade do país, desenvolvida, na qual as questões urbanas estão em agravamento constante e, com isso, carregando os problemas de drenagem.

Já a opção por Juiz de Fora, importante cidade do estado de Minas Gerais, como uma cidade com população menor que a dos municípios supracitados, foi selecionada por ser de médio porte, desenvolvida e não capital, bem como por conseguir os documentos que compõem o PDDrU dela junto ao site de sua prefeitura.

Vale destacar, que um importante aspecto influente à escolha, foi que tanto Juiz de Fora quanto Curitiba, possuem precipitações anuais médias semelhantes às de Natal e de João Pessoa, além disso, estão em regiões diferentes do Brasil, possuindo características e culturas que se diferem entre si.

## **4.2 Caracterização das áreas de estudo**

### ***4.2.1 Município de Natal, Rio Grande do Norte***

A cidade de Natal está localizada no litoral leste do Rio Grande do Norte, é a capital e principal centro econômico do estado, com coordenadas geográficas entre 5° 47' 40" de latitude sul e 35° 12' 40" de longitude oeste, com sua altitude média sendo por volta de 38 metros, é constituída pela planície costeira, que abrange uma série de terrenos planos de transição entre o mar e os tabuleiros costeiros, alterados pela presença de dunas. De acordo com IBGE (2020), ela tem 167,401 quilômetros quadrados de área. Sobre sua população, de acordo com os dados demográficos do IBGE (2021), é a mais populosa do estado, possui aproximadamente 896.708 habitantes. Vale ressaltar que em termos de infraestrutura ambiental e territorial, segundo o IBGE (2010), a cidade possui 61,8% de esgotamento sanitário adequado, 44,7% de arborização de vias públicas e 16,5% de urbanização de vias públicas, em que este último representa o

percentual de domicílios em faces de quadra com presença conjunta de boca de lobo, pavimentação, meio-fio e calçada; destaca-se que os biomas característicos são a Caatinga e a Mata Atlântica. Além disso, ela se destaca por ser conhecida como Cidade do Sol, porque o sol brilha durante o ano todo e só descansa nos períodos de chuva entre março e julho. Além dessas vantagens, Natal é considerada a cidade que possui o ar mais puro da América do Sul. Por fim, segue abaixo as figuras com os mapas do Brasil sinalizando o estado do Rio Grande do Norte, com destaque para Natal e os seus respectivos bairros.

**Figura 6:** Mapa do Brasil sinalizando o estado do Rio Grande do Norte



**Fonte:** Mapas blog (2011)

**Figura 7:** Mapa do Rio Grande do Norte sinalizando o município de Natal



Fonte: Wikimedia, Acesso em: 14 de setembro de 2021.

**Figura 8:** Mapa do Município de Natal – Rio Grande do Norte



Fonte: Site encontra Rio Grande do Norte. Acesso em: 01 de setembro de 2021.

Segundo a classificação global de Köppen, o clima da cidade de Natal é do tipo As, ou seja, Clima tropical quente e úmido, chuvas de outono e inverno, apresenta também chuvas



fortes no verão. De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do município, as precipitações na cidade são relativamente abundantes, sem estiagens rigorosas. Ainda de acordo com o PMSB em um período de 50 (cinquenta) anos de observações, a precipitação média anual é aproximadamente 1.546mm, enquanto que a média térmica anual é por volta de 25,9 °C. O mês mais quente (fevereiro) possui média próxima a 26,7 °C e o mês mais frio (julho), 24,6 °C. A umidade relativa mais baixa durante o ano é em novembro (72,89 %), já o mês com maior umidade é junho (82,44%). Por fim, tem-se que o semestre mais úmido tem início em março e termina em agosto, sendo que o mês que apresenta as maiores precipitações é o mês de junho.

Segundo o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas pluviais (2011), em se tratando do estudo do sistema de drenagem, o território municipal da cidade de Natal é dividido em dois setores distintos separados pelo estuário do Rio Potengi. O setor I que coincide com a Zona Norte e Setor II que abrange as Zonas Leste, Oeste e Sul. Destaca-se que são identificadas 20 (vinte) bacias de drenagem no município de Natal, sendo 06 (seis) bacias na Zona Norte e 14 (quatorze) bacias nas Zonas Leste, Oeste e Sul.

Ressalta-se que, apesar de o sistema de drenagem de Natal apresentar 72 lagoas de drenagem distribuídas pela cidade, diversos locais do município sofrem com a ocorrência de alagamentos. Isto se deve ao fato de que a cidade possui uma grande região interior sem drenagem natural, constituída de várias bacias de drenagens fechadas com fluxo radial que converge para depressões interiores, que se transformam em lagoas nos períodos de fortes precipitações. Essas características devem-se principalmente à natureza do relevo ondulado de formação dunar e as condições do litoral da cidade que apresenta uma barreira natural ao escoamento superficial diretamente para mar, formada pelo afloramento da formação Barreiras com cobertura de dunas que se transformam em falésias. Essas características de relevo fazem com que a drenagem de Natal tenha aspectos muito peculiares, com dificuldades próprias para a implantação de sistemas eficientes de drenagem.

Por fim, vale a menção de que a superfície territorial da cidade tem um formato triangular com perímetro banhado pelos Rios Potengi e Pitimbu e pelo mar em quase toda a sua extensão, apresentando um sistema de drenagem natural muito deficiente, com pequenos cursos d'água efêmeros que se desenvolvem na periferia da cidade, identificando-se apenas o riacho do Baldo e o rio das Quitas, na Zona Oeste da Cidade.

#### *4.2.1.1 Plano de Drenagem Urbana do município de Natal, Rio Grande do Norte*

O Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Natal – PDDMA tem o objetivo de fornecer subsídios técnicos e institucionais que permitam reduzir significativamente os impactos das inundações no município e criar condições para uma gestão sustentável da infraestrutura de drenagem urbana, o mesmo é regido pela lei complementar nº 124, de 30 de junho de 2011.

A utilização do Plano Diretor de Drenagem Urbana tem servido como instrumento para a gestão das inundações na cidade. Este plano contemplou:

- A constituição de um plano de trabalho com estabelecimento de diretrizes e metas a serem alcançadas;
- A elaboração de um cadastro da rede de drenagem existente;
- A execução de um diagnóstico da situação atual e projeção de situação futura, conforme aspectos evolutivos das bacias envolvidas e;
- A avaliação dos impactos do escoamento por bacia, buscando a eliminação das inundações para um determinado risco de projeto através de proposições de medidas estruturais e não-estruturais.

Além disso, destaca-se que o plano possibilita que os cidadãos possam ter um maior conhecimento sobre sua Cidade, facilitando a implantação de processos participativos de planejamento e gestão urbana. Por fim, tem-se que a aplicação e atualização do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de Natal estão a cargo da Secretaria Municipal de Obras Públicas e Infraestrutura – SEMOPI e que se faz necessário à sua atualização, tendo em vista que desde a publicação da lei no ano de 2011 já foram feitos novos investimentos na cidade na área de drenagem, e a sua disponibilidade em sites da Prefeitura para consulta dos profissionais da área e do público em geral.

#### ***4.2.2 Município de João Pessoa, Paraíba***

A cidade de João Pessoa está localizada no litoral leste da Paraíba, capital e principal centro econômico do estado, com coordenadas geográficas entre 7°09'28" de latitude sul e 34°47'30" de longitude oeste, com sua altitude média sendo por volta de 37 metros, seu relevo é marcado por terrenos aplainados em sua maioria, além da presença dos chamados tabuleiros litorâneos, ou seja, é um relevo composto pelos tabuleiros litorâneos e planícies. De acordo com IBGE (2020), ela tem 210,044 quilômetros quadrados de área. Sobre sua população, de acordo com os dados demográficos do IBGE (2021), é a mais populosa do estado, possui

aproximadamente 825.796 habitantes. Vale ressaltar que em termos de infraestrutura ambiental e territorial, segundo o IBGE (2010), a cidade possui 70,8% de esgotamento sanitário adequado, 78,4 % de arborização de vias públicas e 25,1% de urbanização de vias públicas, em que este último representa o percentual de domicílios em faces de quadra com presença conjunta de boca de lobo, pavimentação, meio-fio e calçada; destaca-se que seu bioma característico é a Mata Atlântica. Além disso, ela se destaca por ser conhecida como "Porta do Sol", já que é o lugar onde o sol nasce primeiro no continente americano, isso se dá por conta de ela ser o ponto mais oriental das Américas. Por fim, segue abaixo as figuras com os mapas do Brasil sinalizando o estado da Paraíba, com destaque João Pessoa e seus respectivos bairros.

**Figura 9:** Mapa do Brasil sinalizando o estado da Paraíba



**Fonte:** Mapas blog (2011)

**Figura 10:** Mapa da Paraíba sinalizando o município de João Pessoa



Fonte: Wikipédia. Acesso em: 16 de setembro de 2021.

**Figura 11:** Mapa do Município de João Pessoa - Paraíba



Fonte: Google imagens. Acesso em: 16 de setembro de 2021.

Segundo a classificação global de Köppen, o clima da cidade de João Pessoa é do tipo As, ou seja, clima tropical quente e úmido, com estação seca no inverno, é caracterizado por chuvas de outono e inverno, além de ser fortemente influenciado pelos alísios marítimos. De acordo com Plano Municipal de Saneamento básico de João Pessoa (PMSB/JP), o índice pluviométrico anual fica em torno de 1200 a 1800 mm, ou seja, uma média de precipitação

anual por volta de 1500 mm, enquanto se tem uma temperatura máxima média de 30°C a mínima média fica por volta de 24°C. A umidade relativa mais baixa durante o ano é em novembro (72,59 %), já o mês com maior umidade é junho (83,29%).

O município possui rede hidrográfica composta por nove bacias, sendo os principais rios: o Paraíba e seus afluentes, o rio Sanhauá, rio Marés, onde está localizado o açude Marés, que abastece parte do Município de João Pessoa e o rio Jaguaribe, que, por sua vez, possui o rio Timbó como afluente; rio Cuia; rio Cabelo; rio Mandacaru; e o rio Gramame com seus afluentes Mumbaba e Mamuaba, que abrigam o sistema Gramame-Mamuaba, principal responsável pelo abastecimento da capital paraibana. Destaque para a bacia do rio Paraíba, que é a maior da cidade, representando cerca de 43,57% da área do município, ou melhor, 92,15 quilômetros quadrados do território de João Pessoa.

A existência de diversos cursos d'água perenes deve-se ao potencial pluviométrico da região, que apresenta chuvas durante o ano inteiro, aliado a capacidade de armazenamento do substrato rochoso. Vale mencionar que a rede de drenagem em áreas de baixa altitude tem canais de rio claros, que se referem a vales íngremes com falésias.

Destaca-se que a maioria dos rios que cruzam o perímetro urbano do município de João Pessoa, sofrem com os impactos das ações antrópicas. Ações como retificações de suas margens e alterações de seus leitos naturais, deposições de esgotos domésticos, supressão das matas ciliares, foram executadas durante anos nos rios da capital.

Por fim, ressalta-se que o PMSB menciona diversos pontos com problemas de alagamentos e inundações, sendo mais preciso, foram encontrados 98 pontos de alagamentos e 15 de inundações que são decorrentes de inúmeros fatores que variaram de ponto para ponto.

#### *4.2.2.1 Plano de Drenagem Urbana do município João Pessoa, Paraíba*

Não se trata de um plano de drenagem urbana como nos demais casos anteriores, ou seja, em João Pessoa, não tem em si um plano de Drenagem Urbana, trata-se de um tópico no plano de saneamento básico, no qual é abordada a drenagem do município. Então, destaca-se que o plano foi elaborado em 2015 a partir da contratação da Associação para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia de João Pessoa (SCIENTEC), pela Prefeitura Municipal de João Pessoa (PMJP), o qual os autores reservaram um tópico, como supracitado, para “Descrição dos sistemas de drenagem de água pluviais – cobertura de atendimento das

estruturas de drenagem – identificação de áreas críticas: áreas passíveis de alagamentos; áreas passíveis de inundações; e, áreas sujeitas a escorregamentos”.

Em consonância com a drenagem urbana, foi levada em consideração as características físicas do território municipal, além de considerar também as estruturas urbanas e as áreas destinadas a proteção e conservação ambiental. Dessa forma, a parte da drenagem e o manejo de águas pluviais, compreendem as áreas urbanas, os bens culturais e os ativos ambientais, visando sempre a promoção do bem-estar da população.

O Plano Diretor do Município funciona como um documento orientador de todas as ações relativas ao uso do solo urbano, no qual os sistemas de drenagem estão submetidos. Já a produção de informações sobre os problemas de drenagem é realizada pela Defesa Civil a qual segue as diretrizes e objetivos da Lei N° 12.208/2012 que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.

Vale ressaltar que a Secretaria do Planejamento (SEPLAN) é a responsável pelo planejamento estratégico do município, pela viabilização de novas fontes de recursos para os planos de governo e de coordenação, orientação, supervisão e avaliação de projetos especiais de desenvolvimento. Portanto, é na SEPLAN que são elaborados e/ou contratados os projetos do sistema de drenagem da cidade de João Pessoa, quando de médio ou grande porte. Já a política municipal de execução de obras fica a cargo da Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA), que também pode ter a responsabilidade de elaboração de projetos, geralmente os de pequeno porte que ficam ao seu encargo.

Em um estudo realizado para a elaboração do PMSB/JP, foram mapeados os principais pontos de alagamentos, assim como também foram identificados os problemas com o sistema de drenagem existente. Entre outros problemas encontrados, destaca-se que o sistema implementado já não comportava mais o volume de água efluente das chuvas, tendo em vista que quase a totalidade das vias de alguns bairros tinham sido pavimentadas, bem como seus lotes ocupados e impermeabilizados.

Por fim, destaca-se que PMSB/JP foi elaborado em três etapas. A primeira consiste no diagnóstico da Situação Atual dos Componentes do Saneamento Básico, que são: o Abastecimento de Águas, o Esgotamento Sanitário, Urbana e os Serviços de Limpeza Urbana e o manejo de Resíduos Sólidos. A segunda etapa é a realização de um Prognóstico com a formulação de estratégias para alcançar os objetivos, diretrizes e metas definidas para o PMSB/JP em um horizonte de 22 (vinte e dois anos). Já a terceira etapa, consiste no planejamento dos serviços desses três componentes contendo as Diretrizes do Plano, suas

Estratégias, os Programas, os Projetos, as Ações, e os Custos para os próximos 22 (vinte e dois anos), com ações de curto, médio e longo prazo, de forma a atender aos princípios da universalização do acesso, da integralidade, da disponibilidade, da qualidade, da regularidade, da eficiência e da transparência das ações.

#### **4.2.3 *Município de Curitiba, Paraná***

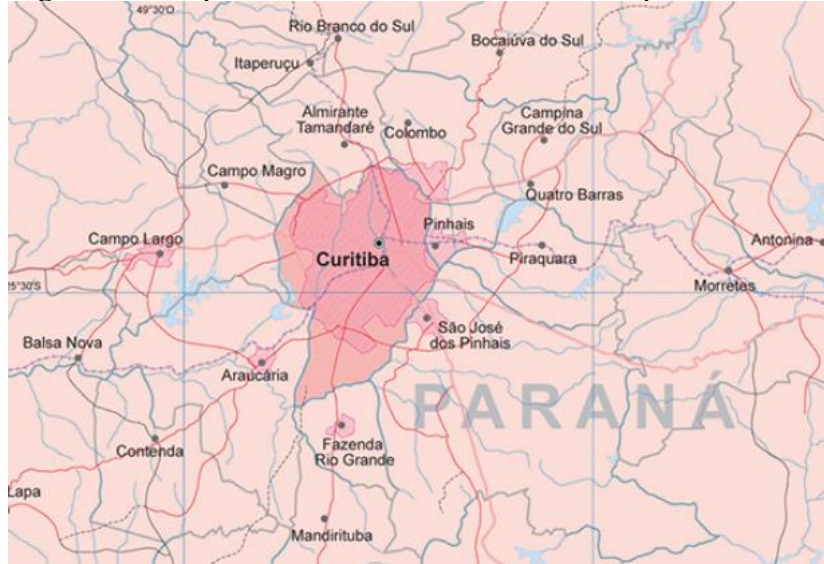
Curitiba é a capital do estado do Paraná, estando localizada a aproximadamente 90 quilômetros do Oceano Atlântico, com coordenadas geográficas entre 25°25'48" de latitude sul e 49°16'15" de longitude oeste, com relevo levemente ondulado, altitude média de 945 m, e tem 434,892 quilômetros quadrados de área (IBGE, 2010). Sobre sua população, de acordo com os dados demográficos do IBGE (2021), é a cidade mais populosa do estado, possui aproximadamente 1.963.726 habitantes. Vale ressaltar que, em termos de infraestrutura ambiental e territorial, segundo o IBGE (2010), a cidade possui 96,3% de esgotamento sanitário adequado, 76,1% de arborização de vias públicas e 59,1% de urbanização de vias públicas, em que este último representa o percentual de domicílios em faces de quadra com presença conjunta de boca de lobo, pavimentação, meio-fio e calçada; destaca-se que seu bioma característico é a Mata Atlântica. Além disso, ela se destaca por ser uma das cidades mais planejadas e organizadas do Brasil, com excelente qualidade de vida, estes são alguns dos motivos que, segundo a revista norte-americana *Reader's Digest*, fez ela ser a cidade com melhor qualidade de vida do Brasil. Por fim, segue abaixo as figuras com os mapas do Brasil sinalizando o estado do Paraná, com destaque para Curitiba e seus respectivos bairros.

**Figura 12:** Mapa do Brasil sinalizando o estado do Paraná



Fonte: Mapas blog (2011)

**Figura 13:** Mapa do Paraná sinalizando o município de Curitiba



Fonte: Curitiba-PR, mapas. Acesso em: 29 de agosto de 2021.



**Figura 14:** Mapa do Município de Curitiba – Paraná



**Fonte:** Curitiba-PR, mapas. Acesso em: 29 de agosto de 2021.

Segundo a classificação global de Köppen, o clima da cidade de Curitiba é do tipo Cfb, ou seja, apresenta clima temperado úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e inverno com geadas frequentes e ocasionais precipitações de neves. De acordo com a Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC) a temperatura média no verão é de 21 °C, enquanto no inverno é de 13 °C. A umidade relativa mais baixa durante o ano é em agosto (79,97 %), já o mês com maior umidade é fevereiro (85,86 %) e a intensidade média anual da precipitação é em média 1500mm.

O município de Curitiba tem 6 bacias hidrográficas principais: do rio Atuba, rio Barigui, rio Belém, rio Passaúna, Ribeirão dos Padilhas e do rio Iguazu – que coleta água diretamente e também recebe as águas drenadas das outras cinco bacias. Destaca-se que Curitiba nasceu na bacia do rio Atuba, mas escolheu crescer ao longo do Belém. As águas do rio Belém começam a correr no bairro Cachoeira, ao norte, e se lançam ao rio Iguazu no limite do município com

São José dos Pinhais. Essa é a segunda maior bacia do município. Vale mencionar que na bacia hidrográfica do Iguaçu em seu curso superior encontram-se os tributários formadores do rio Iguaçu no Estado do Paraná, responsáveis por uma parcela significativa do abastecimento público de água tratada de Curitiba e parte de sua região metropolitana. O Rio Iguaçu é um dos rios mais importantes do Paraná, sua nascente a montante se encontra na Serra do Mar e cobre 97 quilômetros na região metropolitana de Curitiba (RMC). Na busca pelo mar, o caminho das águas curitibanas é longo: pelo rio Iguaçu, as águas da capital alcançam o rio Paraná em Foz do Iguaçu.

#### *4.2.3.1 Plano de Drenagem Urbana do município de Curitiba, Paraná*

O Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba (PDDrU) foi objeto do contrato 10/2010, firmado entre o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) e o Consórcio Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE) e concluído no final do ano de 2012. Vale lembrar que o PDDrU foi elaborado junto às Secretaria Municipal Obras Públicas de Curitiba (SMOP) e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA).

As coletas de dados para a elaboração do PDD/2012 foram realizadas através de levantamentos nos diversos órgãos federais, estaduais e municipais, tais como Agência Nacional de Águas–ANA, Instituto de Águas do Paraná, SMOP, SMMA, IPPUC, entre outras, consolidados e atualizados para o plano PMSB. Os demais dados foram elaborados pela COBRAPE para determinar os parâmetros de cálculo hidrológicos e hidráulicos desse plano diretor.

O plano em tela foi de suma importância para as ações envolvendo a macrodrenagem, já que a cidade passou a contar com um instrumento técnico e legal para fundamentar a implementação de obras e projetos prioritários para a mitigação das cheias. Além disso, o modelo serve também para implementar a forma de gerir um planejamento, execução e monitoramento das intervenções de drenagem da cidade. Ainda sobre os fundamentos do plano, menciona-se que ele tem o objetivo de minimizar a intervenção humana no ambiente, de forma a não aumentar os riscos de impactos sobre a sociedade e meio ambiente, além de mitigar os riscos existentes por meio da adequada distribuição da água no tempo e no espaço e da redução dos poluentes gerados pela população.

Os estudos deste plano, juntamente com o Plano Diretor Urbano (PDU) vigente, fornecem os subsídios necessários para que seja um instrumento orientador aos projetistas sobre

as restrições e métodos aceitos no dimensionamento da drenagem na cidade, em consonância com normas e leis vigentes em âmbito nacional, estadual e municipal a respeito da drenagem urbana e do uso do solo urbano.

Destaca-se que este documento traz referência também as obras de macrodrenagem nas bacias Atuba, Belém, Barigui, Iguaçú, Padilhas e Passaúna, inseridas no município de Curitiba. Assim, foi de suma importância os estudos sobre essas bacias para a implementação do plano, pois sintetiza as informações pertinentes para a consulta pelos profissionais que planejam e projetam a drenagem urbana no município de Curitiba e atribui critérios construtivos e de projeto para que se tenha uma uniformização do tratamento dos aspectos de drenagem no município.

Dessa forma, ressalta-se que com o plano não é mais admissível apenas livrar-se das águas de chuva o mais rápido possível, sob pena de provocar inundações a jusante, pois o conjunto de obras de engenharia de controle pluvial se amplia com a incorporação de dispositivos de infiltração e armazenamento, os quais são potencializados para agregar outras funções, sejam elas de caráter urbanístico, ambiental, sustentável ou paisagístico.

#### ***4.2.4 Município de Juiz de Fora, Minas Gerais***

Juiz de Fora é uma cidade do estado de Minas Gerais que está localizada a 283 quilômetros da capital Belo Horizonte, sendo ela uma das principais cidades do estado, com coordenadas geográficas entre 21° 41' 20" de latitude sul e 43° 20' 40" de longitude oeste, com relevo bem acidentado, bastante dissecado, com colinas côncavo-convexas e vales, com altitudes máxima de 1.104m e mínima de 467m, e tem 1.435,749 quilômetros quadrados de área (IBGE, 2020). Sobre sua população, de acordo com os dados demográficos do IBGE (2021), é uma das cidades mais populosas do estado, possuindo aproximadamente 577.532 habitantes, quase todos considerados residentes urbanos. Vale ressaltar que, em termos de infraestrutura ambiental e territorial, segundo o IBGE (2010), a cidade possui 94,1% de esgotamento sanitário adequado, 55,5% de arborização de vias públicas e 53% de urbanização de vias públicas, em que este último representa o percentual de domicílios em faces de quadra com presença conjunta de boca de lobo, pavimentação, meio-fio e calçada; destaca-se que seu bioma característico é a Mata Atlântica. Além disso, ela se destaca por ser uma das cidades brasileiras com melhores índices de qualidade de vida. Por fim, segue abaixo as figuras com

os mapas do Brasil sinalizando o estado de Minas Gerais, com destaque para Juiz de Fora e suas respectivas regiões.

**Figura 15:** Mapa do Brasil sinalizando o estado das Minas Gerais



Fonte: Mapas blog (2011)

**Figura 16:** Mapa de Minas Gerais sinalizando município de Juiz de Fora



Fonte: Family Search (2018)

**Figura 17:** Mapa do Município de Juiz de Fora – Minas gerais



**Fonte:** ACESSA, mapas regiões. Acesso em: 21 de setembro de 2021.

Segundo a classificação global de Köppen, o clima da cidade de Juiz de Fora é do tipo Cwa, ou seja, clima subtropical de inverno seco e verão quente. Segundo a Prefeitura Municipal de Juiz de Fora (PMJF), este clima também pode ser definido como Clima Tropical de Altitude, com dois períodos distintos, um mais quente e chuvoso e um menos quente e mais seco. Ainda de acordo com a PMJF, os índices pluviométricos anuais, obtidos através dos dados Meteorologia de Juiz de Fora, entre 1999 - 2007, tem uma média de precipitação próxima de 1.530 mm, enquanto que a média térmica anual é por volta de 19,3°C. O mês mais quente (fevereiro) possui média próxima a 21,7°C e o mês mais frio (julho), 16,1°C. A umidade relativa mais baixa durante o ano é em setembro (68,98 %), já o mês com maior umidade é dezembro (79,73 %).

O Município de Juiz de Fora tem uma densa rede de drenagem de formato dendrítico, com artérias de pequena extensão. Os cursos d'água de maior extensão e volume são o Rio Paraibuna e seus afluentes, Rio do Peixe e Rio do Cágado, que nele deságuam já fora dos limites

do Município. O Rio Paraibuna segue na direção NO (noroeste) - SSE (sul-sudeste), com uma extensão de 150 km dentro do município, recebendo pelas margens direita e esquerda um grande número de pequenos córregos. Destaca-se que o município está contido na bacia do Médio Paraibuna, pertencente à bacia do rio Paraíba do Sul, e seu perímetro urbano é drenado por 156 sub-bacias de diversas dimensões. Do ponto de vista morfológico, a bacia do Médio Paraibuna possui tributários com perfis longitudinais relativamente acentuados, que desembocam no rio principal com gradiente moderadamente baixo. O rio Paraibuna possui declividade média bastante variada, sendo que no trecho urbano de Juiz de Fora é bastante moderada, da ordem de 1,0m/km.

Por fim, tem-se que o modelo de drenagem do Município de Juiz de Fora apresenta o curso principal classificado como rio consequente e sua rede de afluentes com típicos exemplos de cursos insequentes. Dito em outros termos, o Rio Paraibuna corre em direção a uma linha de fratura, enquanto seus tributários direcionam-se conforme a morfologia do terreno em direção variada, não se submetendo a controle geológico aparente, fugindo ao padrão de espinha de peixe.

#### *4.2.4.1 Plano de Drenagem Urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais*

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) de Juiz de Fora, tem elaborado apenas a primeira parte do projeto, a qual contempla a Zona Norte. Este documento orienta ações e necessita de acompanhamento. É focado em tratar toda a Bacia do Paraíba do Sul. Destaca-se que este é um único plano que a cidade possui.

Em relação à área de abrangência do Plano de Drenagem de Juiz de Fora, Zona Norte (PD/JF ZN), segundo informações de técnicos da Secretaria de Atividades Urbanas – SAU, esta é uma das regiões da cidade em que a regularização de novos parcelamentos é bastante deficiente, com vários loteamentos sendo considerados terrenos desocupados se levados em conta os dados existentes no Cadastro Técnico da Prefeitura de Juiz de Fora. O problema ocorre por ser a Zona Norte uma região periférica da cidade e uma área de expansão urbana, sendo inclusive a região com maior acúmulo de assentamentos subnormais e invasões do município. Um grande número de edificações é construído em áreas inadequadas para assentamentos urbanos, deixando-as sujeitas todos os anos a ocorrência de inundações.

Um dos principais objetivos do PD/JF ZN é criar mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, relacionados como escoamento das águas pluviais através de redes próprias, galerias,

rios e córregos em áreas urbanas. Este planejamento pretende evitar perdas econômicas, melhorar as condições de saneamento básico e a qualidade do meio ambiente urbano, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora – PDDU.

Também, o plano supracitado apresenta as propostas que farão com que os técnicos e servidores da Prefeitura de Juiz de Fora tenham em mãos um conjunto de ferramentas para planejar, projetar e implementar a drenagem urbana no município com vistas à prevenção de desastres e à preservação dos recursos hídricos, como também para orientar os munícipes que intervêm nas mudanças do uso do solo, à população em geral e àqueles que são diretamente atingidos pelos problemas derivados da drenagem. Através da utilização das propostas aqui contidas a zona norte da cidade terá uma gestão adequada dos serviços de macro e micro drenagem, contando com sistematização de informações, com um conjunto de intervenções estruturais, com instrumentos de desenvolvimento institucional e de relacionamento do poder público com a população, em atenção ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU, à participação do município de Juiz de Fora no Comitê da Bacia do Paraíba do Sul - CEIVAP, e ao que preconiza a Lei Federal 11.445/07 – Lei do Saneamento Básico.

Por fim, destaca-se que dentro dos estudos elaborados no Plano de Drenagem de Juiz de Fora – Zona Norte (PD/JF ZN), foi desenvolvido um manual para orientar os profissionais que planejam e projetam a drenagem urbana, bem como as diretrizes para a ocupação de áreas ribeirinhas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das informações obtidas junto aos trabalhos pesquisados, é possível apresentar um resumo das principais informações contendo dados básicos e correlatos para comparar os quatro municípios analisados e as bacias hidrográficas reportadas nos planos. Essa comparação pode ser encontrada na Tabela 1, o qual aponta algumas diferenças relevantes das quatro cidades envolvidas neste estudo.

**Quadro 1:** Resumo comparativo das principais informações dos quatro municípios

Informações dos Municípios	Natal - Rn	João Pessoa - PB	Curitiba -PR	Juiz de Fora - MG
Área do Município	167,401 Km <sup>2</sup> (IBGE, 2020)	210,044 Km <sup>2</sup> (IBGE, 2020)	434,892 Km <sup>2</sup> (IBGE, 2020)	1.435,749 Km <sup>2</sup> (IBGE, 2020)
Número de Habitantes	896.708 (Estimativa, IBGE 2021)	825.796 (Estimativa, IBGE 2021)	1.963.726 (Estimativa, IBGE 2021)	577.532 (Estimativa, IBGE 2021)
Densidade Demográfica	Aproximadamente 5357 hab/km <sup>2</sup>	Aproximadamente 3932 hab/km <sup>2</sup>	Aproximadamente 4515 hab/km <sup>2</sup>	Aproximadamente 402 hab/km <sup>2</sup>
Precipitação Média anual	1546 mm (Plano Municipal de Saneamento Básico)	1500 mm (Plano Municipal de Saneamento Básico)	1500 mm (Prefeitura Municipal de Curitiba)	1530mm (Prefeitura Municipal de Juiz de Fora)
Número de Bacias Hidrográficas	20 (Plano Diretor de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais)	9 (Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa)	6 (Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba)	1 (Plano Diretor de Drenagem Urbana de Juiz de Fora - ZN)

Fonte: Autor (2021)

Nessa breve comparação, percebe-se que Juiz de Fora tem uma área muito maior que as outras cidades, principalmente, de Natal e João Pessoa. Porém, vale destacar que a área urbana de Juiz de Fora é muito limitada ao centro da cidade, especialmente, na Zona Norte da cidade. Esta também tem a menor população das quatro cidades, sendo Curitiba a mais populosa, contudo a que possui a maior densidade demográfica é a cidade de Natal, e isso é muito importante ao se tratar de drenagem urbana, pois a mesma está diretamente ligada ao uso e ocupação do solo e dificulta mais um pouco a drenagem da cidade.

Vale destacar que os índices anuais de pluviosidade são bastantes parecidos, fazendo jus a escolha dos planos já que esse foi um dos principais indicadores utilizados para a escolha dos planos de Juiz de Fora e Curitiba. Por fim, destaca-se que Curitiba tem um pouco mais do que o dobro da população dos municípios nordestinos e, por sua vez, Juiz de Fora com menos que dois terços da população destes. Uma curiosidade é que, embora Natal e João Pessoa possuam menores áreas de território, são as duas cidades que mais apresentam bacias



hidrográficas neste estudo, isso significa que não se relacionam diretamente a área do município com quantidade de bacias que este possui.

### **5.1 Objetivos dos Planos**

O Plano Diretor de Descarga e Gestão de Águas Pluviais do Município de Natal - PDDMA tem como objetivos principais a promoção da qualidade de vida e do ambiente, reduzindo as desigualdades e a exclusão social; o planejamento, implantação, desenvolvimento e gerenciamento de forma integrada, descentralizada e participativa; o uso múltiplo, controle, conservação, proteção e preservação do sistema de Drenagem Municipal; o controle e manejo das águas por meio de sistemas físicos naturais e construídos, para induzir o escoamento das águas pluviais e evitar pontos de alagamentos, conferindo segurança e conforto aos munícipes.

São objetivos também deste Plano: a garantia de que as águas pluviais inseridas no domínio público possam ser gerenciadas e utilizadas em padrões de quantidade e qualidade satisfatórios por seus usuários atuais e pelas gerações futuras; a redução dos prejuízos decorrentes das inundações; o melhoramento das condições de saúde da população e do meio ambiente urbano, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais; o planejamento dos mecanismos de gestão urbana para o manejo sustentável das águas pluviais e da rede hidrográfica do município; o planejamento da distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de evolução da ocupação urbana; a ordenação da ocupação de áreas de risco de inundação através de regulamentação; e, por fim, a restituição parcial do ciclo hidrológico natural, reduzindo ou mitigando os impactos da urbanização.

Destaca-se, ainda, que através das medidas estruturais de drenagem que consistem em obras e intervenções que alteram fisicamente o meio, é que se busca compensar o aumento dos deflúvios produzidos pela ocupação, promovendo uma convivência harmônica com os períodos de chuvas intensas na cidade, assim buscando a redução de riscos de enchentes. Já através das não estruturais, busca-se ordenar as ações futuras na cidade quanto à drenagem urbana, visando controlar na fonte os potenciais impactos da urbanização.

Como em João Pessoa, o Plano de Drenagem é trazido em apenas um tópico do PMSB, os seus objetivos não são expressos, mas se vê que tem o objetivo de minimizar os riscos a que a população está sujeita a sofrer, mitigar os impactos provocados pelas inundações e garantir um desenvolvimento urbano de forma harmônica e sustentável. Destaca-se ainda que o plano

visa a regularização do sentido do escoamento dos lotes, para que este se dê sempre para a via frontal, evitando assim o escoamento para o lote do fundo.

Vale mencionar que ele traz a informação de que os sistemas de macrodrenagem e microdrenagem devem ser implantados, concomitantemente, com a pavimentação das vias, com o objetivo de evitar possíveis alagamentos e até mesmo inundações. Visto que, se não feitos momentaneamente os objetivos dos projetos de drenagem podem não ser satisfeitos.

O objetivo do Plano Diretor de Drenagem do município de Curitiba é oferecer às instituições públicas e à comunidade subsídios técnicos e institucionais que permitam reduzir ou até mesmo eliminar os impactos das cheias na sua área de abrangência. Além disso, estabelece um planejamento das intervenções necessárias ao ordenamento da macro e micro drenagem urbana da cidade, a fim de garantir maior segurança aos moradores, ao patrimônio público e privado, quando em precipitações intensas e/ou prolongadas de forma a promover bem-estar e a saúde pública da população de Curitiba.

Já na parte que trata das ações de gestão, planejamento e projeto na drenagem urbana, o objetivo é a minimização da intervenção humana no espaço, de forma a não aumentar os riscos de impactos sobre a sociedade e meio ambiente e mitigar os existentes, por meio da adequada distribuição da água no tempo e no espaço e redução dos poluentes gerados pela população.

Vale destacar que, através das medidas não estruturais, procura-se reduzir impactos basicamente através da regulamentação da legislação vigente, as quais abrangência na unidade do lote e em todo o espaço urbano regulamentando o uso e ocupação do solo em prol do bem comum. Já através das medidas estruturais o objetivo principal é reduzir os riscos de ocorrência de cheias em áreas onde este fenômeno pode causar danos.

O Plano de Drenagem de Juiz de Fora – Zona Norte (PD/JF ZN) tem como principal objetivo criar mecanismos de gestão e infraestrutura urbana, relacionados como escoamento das águas pluviais através de redes próprias, galerias, rios e córregos em áreas urbanas. Este planejamento pretende evitar perdas econômicas, melhorar as condições de saneamento básico e a qualidade do meio ambiente urbano, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo PD/JF ZN. Além do mais, também objetiva orientar os profissionais que planejam, projetam e implementam a drenagem urbana do município, bem como estabelecer as diretrizes para a ocupação de áreas ribeirinhas e áreas de risco de inundações.

Destaca-se que ele também traz uma proposta para um Sistema de Alerta e Alarme de Inundações para a cidade de Juiz de Fora, o qual é fundamentado na Política Nacional de Defesa Civil, de 2007, a qual prevê que, no âmbito dos programas gerais de defesa civil, sejam

desenvolvidos pelos municípios, entre outros, Projetos de Monitorização, Alerta e Alarme. Além disso, também visa a elaboração de um Programa de Educação Ambiental, e Preservação Ambiental, visando também à Saúde Coletiva. Recuperar a cobertura vegetal objetivando controlar processos erosivos gerados pelo escoamento superficial das águas pluviais nas bacias hidrográficas da Zona Norte do município, por meio da reativação do convênio entre a PJJ e o Instituto Estadual de Florestas (IEF).

Em uma breve comparação, tem-se que o município de Juiz de Fora traz em seu plano mais objetivos que os demais, inclusive, destaque para os pontos que trazem processos para recuperação do meio ambiente e um sistema de alerta e alarme de cheia, que é de muita valia. Já os planos de Natal e de Curitiba também mencionam diversos objetivos e se mostram bem completos, pois mencionam seus objetivos de formas bem claras, como as da preocupação ambiental. Ainda, sobre os objetivos dos planos, menciona-se que João Pessoa não traz seus objetivos de forma clara, por não ser um plano em si, observando ausência sobre seus objetivos em si.

Por fim, consegue-se extrair que os quatro planos em análise neste trabalho têm basicamente os mesmos objetivos principais, os quais são diminuir os impactos causados pelas inundações, além de buscar que não se tenha pontos de alagamentos em áreas urbanas. Para isso, os planos trazem que se necessita planejar e gerir as águas pluviais precipitadas na cidade e seus arredores.

## **5.2 Déficit de dados das redes de drenagens**

A rede de drenagem de Natal é uma medida não estrutural, trazida no seu Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) por meio de um cadastro completo georreferenciado do sistema de drenagem existente na cidade, a qual pode ser consultada no seu PDDrU, que é responsabilidade do município fazer uma atualização anual sobre o sistema de drenagem, que foi delegado para a Secretaria Municipal de Obras Públicas e Infraestrutura – SEMOPI que tem a missão de manter atualizado o PDDrU, inclusive, o cadastro georreferenciado.

A Prefeitura Municipal de Natal (PMN) tem feito boa aplicação do cadastro do sistema, pois com ele se torna mais simples a consulta de pontos críticos e de parâmetros hidrológicos. Destaca-se que os pontos críticos de drenagem de Natal apresentados no diagnóstico do seu PDDrU foram identificados a partir de informações colhidas da equipe técnica da Secretaria Municipal de Obras Públicas e Infraestrutura (SEMOPI) em reuniões com a comunidade nos

bairros e confirmados pela equipe técnica de levantamento e cadastro do sistema de drenagem existente. Foram cadastrados em toda a cidade de Natal 120 pontos críticos, sendo 39 pontos críticos na Zona Norte, 22 pontos críticos na Zona Leste, 13 pontos críticos na Zona Oeste e 46 pontos críticos na Zona Sul. As localizações dos pontos críticos de drenagem da cidade de Natal podem ser consultadas no Plano de Drenagem.

No plano de João Pessoa, foram realizados 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, mas não há garantia da inexistência de problemas, uma vez que o sistema tradicional transfere os impactos para áreas a jusante. Porém, não há dados suficientes sobre a rede de drenagem do município, no mais há uma caracterização das áreas especiais de drenagem urbana, identificando os tipos, as características e os problemas ocasionados. Há também, no PMSB do município, o mapeamento das áreas passíveis de alagamentos e inundações presentes no município, com o objetivo de sugerir soluções viáveis e mais satisfatórias. Dessa forma, destaca-se que não há um cadastro e banco de dados das redes de drenagem (microdrenagem e macrodrenagem).

Então, vale mencionar que João Pessoa enfrenta problemas devido a um sistema de drenagem defeituoso, que foi dimensionado em 1912, ou seja, bem antigo. A maior parte do sistema tem obstáculos causados pelo lançamento irregular de esgoto em encanamentos de coleta de água da chuva, ocupação do corpo d'água principal e lançamento de lixo em estradas (PMJP, 2014). Ressalta-se que o problema é de responsabilidade do governo e do povo, e precisa absorver colaboração e uma mentalidade mais sustentável.

No plano de Curitiba há um volume que trata apenas sobre os dados da macrodrenagem do município, este volume é de grande importância para resolver problemas relativos à macrodrenagem do município. Porém, não há destaque ou menção sobre a rede de microdrenagem da cidade, fazendo com que o plano apresente ineficiência sobre a apresentação de todos os dados que compõe a rede de drenagem dela. Destaca-se, então, por haver cadastro incompleto de todas as galerias de águas pluviais das vias do entorno, que não é possível identificar as ameaças em várias áreas da cidade. Vale mencionar que este plano apresenta, principalmente, preocupação com as bacias inseridas no município, dessa forma no quesito de medidas a serem desenvolvidas nelas são amplamente destacadas no plano. Por fim, relata-se que há a necessidade de se fazer um cadastro da rede de microdrenagem, para então ter se dados suficientes da rede de drenagem de Curitiba.

O plano de Juiz de Fora, traz algumas informações importantes como: uma avaliação das cargas de poluição produzidas pelo sistema de drenagem e pelo sistema de esgotos: áreas de Risco de Inundação; avaliação das cargas de poluição relativas ao sistema de macrodrenagem; e a caracterização das sub bacias. Porém, não dispõe de cadastro atualizado do sistema dos dados da rede de drenagem existente, tanto da microdrenagem como da macrodrenagem, também não possui dados atualizados do sistema de esgotamento sanitário.

Dessa forma, acaba gerando problemas entre as duas redes, pois tem-se ligações indevidas entre as duas redes, causando contaminações e outros problemas de qualidade. Porém, em seu Manual de Drenagem o PD/JF ZN trás o seguinte objetivo de longo prazo: completar o cadastramento da rede de drenagem da Zona Norte, não contemplada no cadastramento realizado para a elaboração do plano. Sendo assim, embora não traga informações sobre sua rede, tem-se uma meta de longo prazo para o cadastramento da rede com vistas a futuras intervenções – recuperação, desassoreamento, trocas pontuais, substituição de redes e outras obras de arte em drenagem, entre outras.

Para que seja diagnosticado o sistema de drenagem urbana de forma adequada, é necessário o conhecimento sobre todo o sistema, através de dados sobre este, além do mais, destaca-se que os dados precisam ser detalhados e de acordo com a situação atual da drenagem do município, ou seja, precisa-se que tenham sido feitos estudos em campo sobre a rede de drenagem (CUNHA et al. (2009). Ressalta-se que tudo isso é necessário para que prognósticos e medidas a serem tomadas se tornem mais fáceis e certas de algum problema na rede de drenagem, pois facilita a elaboração de projetos futuros que se tenha a drenagem da cidade envolvida. Neste sentido, com um banco de dados atualizado sobre a rede de drenagem do município, consegue de maneira mais fácil prevenir e mitigar impactos de inundações e enchentes.

De acordo com os dados apresentados, apenas o município de Natal apresenta todos os dados sobre seu sistema de drenagem, o que facilita a elaboração de projetos de drenagem e também o combate para mitigar enchentes e cheias. Curitiba traz dados relevantes sobre sua macrodrenagem, mas quando chega na microdrenagem falha, ou seja, não traz dados suficientes sobre sua rede. Já o município de João Pessoa falha totalmente nesse quesito, por não ter um banco de dados sobre sua rede, tem apenas informando o sistema adotado nela. Por fim, embora Juiz de Fora traga como uma meta de longo prazo fazer um cadastro de toda sua rede de drenagem, também falha ao não trazer os dados sobre a microdrenagem e macrodrenagem da

sua rede, ressalta-se que o mesmo traz apenas alguns quesitos sobre poluição, áreas com risco de inundações e caracterização das sub-bacias da cidade.

### **5.3 Medidas Estruturais**

Analisando as medidas estruturais, observa-se que são as mais adotadas dos planos em tela. Destaca-se que todos os planos trazem informações sobre drenagem para evitar não transferir os impactos hidrológicos para jusante. Além disso, com exceção de João Pessoa, todos os planos recomendam o estabelecimento de grandes estruturas de drenagem em sub-bacias e bacias hidrográficas inseridas em municípios.

Dos municípios analisados que possuem um manual de drenagem, exceto João Pessoa por não possuir especificamente um plano de drenagem urbana. Vale ressaltar que todos os manuais trazem explicações teóricas e práticas sobre como aplicar e implementar as várias medidas estruturais atualmente conhecidas. Embora, João Pessoa não disponha do Manual, também traz em seu tópico de drenagem no PMSB explicações teóricas e práticas sobre o supracitado. Além disso, em todos os Manuais de Drenagem encontram-se fundamentações teóricas e normas técnicas que buscam instruir, futuramente, órgãos ou empresas que irão assumir a responsabilidade de implantar tais medidas.

#### ***5.3.1 Intervenções e modificações em canais***

As intervenções e modificações são medidas que, geralmente, se apresentam como adequadas para projeto no canal, as quais incluem: regularização do curso d'água; dragagem do rio; alargamento do canal; obras de modificações transversais; escalonamento de fundo; e conformação da calha.

No município de Natal, seu plano traz as seguintes considerações gerais: adequação de canais para aumento do escoamento, implantação de parques lineares, recuperação de várzeas, redução do assoreamento e a renaturalização de cursos d'água que privilegiam a redução, o retardamento e o amortecimento do escoamento das águas pluviais.

Tem-se que o diagnóstico do plano menciona a seguinte estratégia de intervenção, dragagem e regularização do canal fluvial, dos Rios Doce, Pitimbú, Golandim e da Bacia Potengi/Roscas-Ribeira periódica do estuário do Potengi. Além disso, tem-se também a retificação do leito do canal com possível e reurbanização de suas margens, aumento do leito e

consequente aumento da capacidade de armazenagem e transporte das águas pluviais da Bacia Riacho do Baldo.

Ressalta-se que o plano menciona que é necessário a raspagem do fundo de várias lagoas de captação de várias bacias para aumentar a taxa de absorção do solo, são elas: Bacia do Rio Potengi, Bacia da praia da Redinha, Bacia da Lagoa Azul, Bacia Potengi/Rocas-Ribeira, Bacia Praias urbanas, Bacia do Rio das Lavadeiras, Bacia Rio Potengi /Felipe Camarão, Bacia Lagoasda Jaguarari, Bacia Rio Jundiáí/Guarapes. Também é prevista a implantação de drenos profundos para aumentar a capacidade de infiltração do solo. No entanto, algumas lagoas, já urbanizadas, não possibilitam acesso de equipamentos (trator de esteira, enchedeira e caminhão basculante) para realizar a remoção de material sedimentado e a raspagem de fundo. Um exemplo crítico dessa situação é a lagoa da Petrobrás, com entrada pela Avenida Jaguarari.

Destaca-se, ainda, que em Natal, inicialmente, o sistema de drenagem da Zona I (área Norte da cidade) era composto por reservatórios complexos, e o sistema de bombeamento não funcionava bem, resultando em frequentes inundações em diferentes áreas da região. Para resolver definitivamente o problema de inundações na área, foi concebido e implementado o sistema integrado de drenagem na zona Norte da Bacia II, constituído por quatro lagoas - Jardim Primavera, Aliança, Soledade e José Sarney - interligadas em série através de túneis, que atuam como vazamentos do sistema, reduzindo o risco de inundação na área do projeto a um nível aceitável.

O plano de João Pessoa, não prevê essas intervenções e modificações em canais, no mais menciona apenas os problemas encontrados nas áreas com problemas de inundação e identifica cada local onde são encontrados. Também, apresenta todas as zonas do município com problemas, tanto de microdrenagem como de macrodrenagem, com as suas devidas características, as quais devem ser solucionadas em curto prazo para evitar transtornos para a população.

Apesar de não mencionado no plano, vale a menção que foram realizadas obras e intervenções pela Prefeitura de João Pessoa (PMJP) para amenizar impacto das chuvas na comunidade Três Lagoas, na qual teve-se a instalação de um novo sistema de drenagem, além da desobstrução e desassoreamento das lagoas, executados pela Secretaria Municipal de Infraestrutura (Seinfra) e pela Coordenadoria Municipal de Defesa Civil.

A mudança do sistema de drenagem envolveu a substituição de uma tubulação de 800 milímetros por outra com a capacidade de 1.500 milímetros, o que duplica a vazão das águas, para que elas possam ser redirecionadas para o Rio Jaguaribe. Essa obra tende a acabar de vez

com os alagamentos na região. Além dessa obra, a PMJP também realizou outras ações que surtiram efeitos no combate aos alagamentos na cidade, como: limpeza de lagoas, o desassoreamento e desobstrução dos poços de visitas, aumentando a vazão da passagem da água.

Destaca-se também alguns outros serviços realizados pela PMJP, como: revitalização do Parque Solón de Lucena com a recuperação de capacidade de armazenamento, a construção de um túnel para que leve a água da chuva para o Rio Sanhauá e a mudança de rota das canalizações de esgotos que ali eram lançados; a ampliação dos sistemas de drenagem do bairro dos Bancários; construção de ponte e elevação da pista nos dois sentidos na da Beira Rio, com o intuito de resolver os problemas de inundações associados as cheias do Rio Jaguaribe.

O plano de Curitiba visa estabelecer um planejamento das intervenções necessárias ao ordenamento da macro e micro drenagem urbana da cidade. Na Bacia do Atuba, tem-se o alargamento do canal como alternativa para proporcionar o aumento da seção de escoamento e a diminuição da capacidade de escoamento do rio durante o fenômeno de cheia. Essas intervenções foram avaliadas com duas alternativas: seção retangular com muros em concreto armado ou canal trapezoidal. Nesta bacia há também trechos dos rios Bacacheri e Bacacheri Mirim e do Córrego Marumbi onde está proposto o alargamento, sendo recomendado o uso de seções trapezoidais com taludes revestidos com grama. Existem também outros trechos onde se viabilizou a implantação de canais retangulares com muros de contenção em concreto armado. Nos trechos onde a velocidade de escoamento excede de 2,0 m/s, foram consideradas a implementação de indutores de retardo, totalizando 40 intervenções nesta bacia, todas distribuídas no rio Atuba e no rio Bacacheri.

Além disso, destaca-se que para o Rio Atuba, as intervenções predominantes adotadas são representadas basicamente pelo alargamento de canal, implantação de bacias de detenção/retenção, algumas conjugadas a parques lineares, obras transversais e escalonamento de fundo.

No rio Barigui, também está previsto o alargamento da calha, escalonamento de fundo e obras transversais em toda sua extensão do trecho caracterizado dentro da área estudada, do bairro Taboão atravessando toda a cidade até a foz no bairro da Caximba. Já para a Bacia do Rio Barigui está previsto somente o alargamento da calha com taludes naturais, pois as dimensões atuais estão próximas as dimensões de projeto. Na Bacia do Rio Iguaçu estão previstas intervenções que são basicamente por alargamento de canal e duas bacias de detenção/retenção.



Na Bacia do Ribeirão dos Padilha são representados basicamente por alargamento de canal e redutores de energia. O ribeirão dos Padilha tem dois trechos distintos para alargamento da calha, sendo que o canal projetado não interfere no sistema viário e não gera desapropriação e há quatro trechos com escalonamento de fundo e uma obra transversal, ou seja, estão previstas cinco intervenções no leito principal do rio.

No plano de Juiz de Fora não há tantas propostas de intervenções para modificação dos canais. Contudo, no plano são retratadas várias intervenções de canalização, retificações do traçado e realocação do curso do rio Paraibuna, respeitando-se sempre o sentido das grandes curvas de seu traçado natural e, também, o tratamento de suas margens, os quais foram realizadas no passado, e tinham os seguintes objetivos: defender-se de enchentes na Bacia do Rio Paraibuna, recuperar a zona submersa destinada à implantação industrial, manter a vazão mais baixa do Rio Paraibuna durante a estação seca, e quando houver previsão de instalação na zona norte do município, criar reservas de água suficientes para abastecer o complexo siderúrgico.

Afora para o rio, foram previstas intervenções de regularização e canalização para o Córrego Independência, que refluía independentemente das cheias do rio. Ressalta-se também as intervenções com a intenção da regularização do traçado do Córrego Igrejinha no bairro Igrejinha objetivando minimizar efeitos adversos de inundação no bairro.

Urbanisticamente falando, tem-se também a revitalização do Rio Paraibuna com o tratamento paisagístico e o reflorestamento das margens do rio em 20 quilômetros lineares com construção de um parque linear no Bairro Benfica e outro no Bairro Jóquei Clube, ambos na área de abrangência do PD/JF ZN.

O plano ainda menciona que uma boa intervenção para a redução dos impactos ambientais da urbanização, é a despoluição do Rio Paraibuna e seus afluentes. Além disso, destaca-se, também, a dragagem periódica destes cursos de água, um importante trabalho realizado ao longo de todo o ano, intensificado nos períodos de seca, de abril a setembro, fundamental para minimizar enchentes, por exemplo, no Bairro Industrial, na Região Norte do Município de Juiz de Fora.

Em busca de reduzir e mitigar as inundações, procura-se mudar a morfologia do rio com um aumento de sua vazão, para um mesmo nível. Além do mais, destaca-se que para aumentar a velocidade do escoamento, precisa-se reduzir a rugosidade, remover obstáculos no fluxo de água, aumentar o declive e dragar os rios (TUCCI, 2005).

Destaca-se que apenas o plano de João Pessoa falha ao não trazer nada sobre intervenções e modificações em canais, para mitigar e diminuir enchentes e alagamentos. Os demais visam, através de modificações na morfologia do rio, o objetivo supracitado, inclusive trazem diversas medidas para que as cidades não sofram com enchentes através das intervenções propostas. Dessa forma, observa-se que em João Pessoa, realizou-se intervenções mais pela urgência e clamor da população do que sobre os dados do plano, ou seja, embora tenham sido feitos investimentos para minimização do problema vivenciado na cidade, as ações foram pontuais, de forma não padronizada e previstas, e de modo geral estiveram voltadas principalmente para ampliação das redes coletoras. Por fim, é bastante notório que no plano dela não há uma análise de todo o território, com o intuito de mitigar e diminuir as inundações na cidade.

### **5.3.2 *Bacia de detenção***

Segundo Tucci (2007), as bacias de detenção ou reservatórios de detenção e infiltração são utilizadas para controlar a vazão de pico ou máxima, amortecendo assim, a vazão a jusante, o controle do volume, o controle de material sólido e da erosão e, também, o controle da qualidade da água pluvial. Dessa forma, analisa-se que o objetivo das lagoas ou reservatórios de detenção é o de minimizar o impacto hidrológico da redução da capacidade de armazenamento natural da bacia.

Acerca das bacias de detenção, tem-se que elas têm como objetivo diminuir pontualmente as vazões de pico, com a retenção de parte do escoamento superficial gerado durante as precipitações, para depois fazer sua devolução de forma lenta e gradual aos leitos dos córregos e rios, atenuando o pico dos hidrogramas e redistribuindo as vazões ao longo do tempo. Com isso diminui a onda de cheia nos trechos a jusante. Destaca-se que podem ser utilizados para diferentes períodos de retorno para a micro e macrodrenagem com o objetivo de reter na microdrenagem, por curtos períodos, parte do escoamento.

O plano de Natal traz que os sistemas de detenção, preferencialmente, devem estar integrados de forma paisagística na área; neste caso, poderá ser necessário utilizar detenções ou retenções internas ao parcelamento, na forma de lagos permanentes ou secos integrados ao uso previsto para a área. Além disso, menciona também que a utilização de sondagem geotécnica pode ser dispensada para lagoas de amortecimento de cheias (detenção).

Foram elaboradas soluções de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, e Pavimentação das bacias de drenagem: da comunidade Parque Industrial – no bairro de Nossa Senhora da Apresentação, esta área está dividida em 04 (quatro) bacias de drenagem; nos Loteamentos Nordelândia, Boa Esperança e Cidade Praia no bairro de Nossa Senhora da Apresentação, esta área está dividida em 03 (três) bacias de drenagem; do Bairro Planalto, esta área está dividida em 04 (quatro) bacias de drenagem. Em todos o sistema proposto é composto de uma rede de microdrenagem do tipo convencional, pavimentação das ruas e dos reservatórios de detenção (RD 01, RD 02, RD 03, RD 04 e RD 05), além disso todos as soluções para o sistema citados estão integrados com algumas das bacias de detenções abaixo.

- Reservatório de Detenção 01: RD 01 – Capim Macio O reservatório de detenção 01, está localizado entre as Ruas Antônio Farache, Industrial João Motta e Ismael Pereira da Silva.
- Reservatório de Detenção 02: RD 02 – Capim Macio O reservatório de detenção 02 localizado entre as Ruas Ênico Mômteiro, Industrial João Motta, Professora Dirce Coutinho e Rua Presbítero Porfírio Gomes da Silva
- Reservatórios de Detenção 03 e 04: RD 03 e 04 – Capim Macio Os reservatórios de detenção 03 e 04 localizados entre as Ruas José Wilson Cabral Barbalho, Francisco Maciel Costa e separados espacialmente pela Rua João Rodrigues da Silva.
- Reservatório do Centro de Tradições Gaúchas – CTG ou RD 05 – Ponta Negra O reservatório de detenção 05 – localizado na Avenida Praia de Muriú, no Centro de Tradições Gaúchas.

Destaca-se que para a drenagem dos Conjuntos Habitacionais Brasil Novo e Novo Horizonte no bairro de Nossa Senhora da Apresentação - Zona Norte de Natal, a partir da implantação da pavimentação das ruas, será executado um sistema de drenagem com galerias, fazendo a transposição das bacias para um único ponto de lançamento, um reservatório de detenção a ser localizado na margem direita do Rio Doce, que irá extravasar para o Rio Doce.

Por fim, neste plano, há um destaque para o túnel da arena das dunas que, na sua nova concepção do sistema de drenagem, é necessário manter as lagoas de acumulação e infiltração existentes para receber a microdrenagem já implantada, servindo de reservatórios de detenção. O que reduz substancialmente as vazões de pico e conseqüentemente o custo do sistema.

Em relação a João Pessoa, seu plano não menciona nada referente às bacias de detenção, seja as existentes ou as de projetos para o futuro. Sendo que a única informação plausível sobre

bacias de retenção na cidade é trazida pela Lei Complementar Nº 93, de 30 de Dezembro De 2015, que menciona em seu Art. 2º, inciso I (Saneamento Básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais), alínea d, o seguinte: “drenagem e manejo das águas pluviais: conjunto de atividades de infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, retenção e retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.”

O plano de Curitiba busca reduzir as enchentes sem transferir os impactos à jusante. O qual busca fazer isso através de sistemas de bacias de retenção, para que seja diminuída a onda de cheia nos trechos a jusante. Porém, destaca-se que por conta da ocupação urbana ser predominante nas bacias dos rios Atuba, Belém, Padilha e Barigui, onde a densidade é alta, essas áreas se tornam críticas a suscetibilidade de inundações e complica a implantação de parques e bacias de retenção pela ausência de espaços livres e pelo custo das áreas existentes consolidadas.

Embora ocorra toda essa inviabilidade devido à alta densidade, o que leva a um alto custo de desapropriação para implementação dos reservatórios de retenção, o plano ainda menciona propostas desses reservatórios para todas as bacias que fazem parte do território do município. Ou seja, o plano ressalta todas as áreas possíveis ou necessárias para a implementação destes reservatórios. Alguns exemplos, são: as áreas da bacia do Alto Iguaçu selecionadas no trecho da Cidade Industrial de Curitiba, Moradas Vitória Régia, Tatuquara e Campo de Santana, para abrigar lagoas de retenção estão ocupadas e não aptas para tal finalidade; a área selecionada no PDD da bacia do Alto Iguaçu para a função de retenção junto ao córrego Jardim Esmeralda ainda se encontra apta e disponível para a finalidade em questão. Dessa forma, tem-se que há menções de obras que estão com espaço disponível ou não para implementação para os reservatórios.

Uma das intervenções trazidas no plano, foi a obra que foi realizada no córrego Caranguejinho, afluente do Rio Barigui, bairro Bigorrião, onde foi executado reservatório de retenção de águas pluviais em linha sob a Av. Padre Anchieta, entre as ruas Desembargador Otávio do Amaral e Bruno Filgueira, no bairro Bigorrião.

No plano de Juiz de Fora é notório que o direcionamento de soluções utilizando bacias de retenção e infiltração é de acordo com a necessidade de cada bairro, já que o plano menciona estas bacias separadamente para cada bairro.

Para o córrego Igrejinha, tem-se que no bairro Igrejinha, o plano visa a implantação de uma bacia de retenção e infiltração a montante do bairro, com o objetivo de minimizar o efeito

da inundação nele, uma área onde não há influência do Rio Paraibuna. Para o mesmo córrego, agora no bairro Benfica, tem-se como meta a implantação de uma bacia de retenção e infiltração na localidade denominada caracol. Esta intervenção depende da prévia implantação da bacia de retenção e da regularização do traçado do Córrego Igrejinha, na localidade de Igrejinha. Além disso, tem-se ainda como impedimento para sua implantação, a realização de desapropriações, o que gera custos elevados.

Outra meta é a implantação da bacia de retenção no córrego Carlos Chagas entre os bairros Monte Castelo e Cerâmica. Esta intervenção se justifica pelo traçado do córrego, o qual atravessa o bairro monte castelo e causa inundações, não somente neste bairro como também no Bairro Cerâmica. Neste, também há como impedimento, a realização de desapropriações, o que gera custos elevados.

No córrego Humaitá, para o bairro industrial, o plano visa a implantação de duas bacias de retenção e infiltração, objetivando minimizar os alagamentos e inundações no bairro, provenientes das águas dos córregos Humaitá e Milho Branco (afluente do córrego humaitá). Destaca-se que após a implantação destas bacias, o Comitê Gestor de Drenagem Urbana da Prefeitura de Juiz de Fora deve monitorar o comportamento da mancha de inundação residual devido às variações de nível do Rio Paraibuna na altura do Bairro Industrial. E Caso haja necessidade, pode-se estudar a implantação de uma terceira bacia de retenção e infiltração, desta vez subterrânea, no mesmo bairro. Esta bacia de retenção deverá receber, através da rede de microdrenagem desta região, toda água por ela captada.

O plano de Natal menciona todos os detalhes das bacias de retenção, de onde vão receber as águas, onde vão extravasar, tudo bem destacado e explicado para cada área de que necessita desse tipo de bacia. O de Juiz de Fora também menciona todas as áreas que necessitam do tipo de bacia e o porquê delas, assim, como o de Curitiba também menciona a mesma coisa.

Além disso, destaca-se que em alguns locais destas duas últimas cidades existem altas densidades populacionais, o que acarreta altos custos para desapropriar as áreas para implementação das bacias de retenção. Um destaque negativo é o município de João Pessoa, o qual não possui nenhum documento ou informações relevantes acerca destas bacias no município. Dessa forma, conclui-se que o plano de Natal, nessa parte de bacias, informa mais detalhes que os demais, contudo os planos de Curitiba e Juiz de Fora trazem informações bastantes relevantes. O único a falhar totalmente é o de João Pessoa.

## 5.4 Drenagem Urbana Sustentável

O plano de Natal, apesar de ser um dos instrumentos básicos para a política de desenvolvimento urbano sustentável, não menciona medidas de drenagem urbana sustentável de forma explícita, mas é possível destacar algumas medidas ao longo do seu texto, como: pavimento permeável, o qual é um pavimento de blocos de concreto vazado preenchido com material granular, como areia ou vegetação rasteira, como grama.

Ele é um dispositivo de infiltração onde o escoamento superficial é direcionado através de uma superfície permeável; trincheira ou vala de Infiltração, são valas de infiltração escavadas que acumulam no seu interior, funcionando como reservatório de amortecimento dos picos de vazão do escoamento superficial da área de contribuição; a área permeável mínima dos lotes urbanos de Natal deverá ser de 20% da área total do lote, assegurando-se as condições efetivas de sua utilização; recomposição da cobertura vegetal das áreas com processo erosivo, nas encostas de dunas e nos fundos de bacia.

Por fim, destaca-se que o plano faz menção a realização de campanhas de incentivo ao plantio e manutenção da vegetação ribeirinha em algumas bacias, como a do Potengi/Quintas-Base Naval.

O plano de João Pessoa, nada menciona sobre drenagem urbana sustentável, seja de forma explícita ou implícita. No entanto, alguns decretos trazem restrições, como por exemplo, sobre a 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 N° 5.900, de 24 de abril de 2007 menciona que em todas as edificações verticais é obrigatório um percentual mínimo de 4% (quatro por cento) de área total do lote, destinado ao solo permeável e que os passeios públicos deverão apresentar um percentual de no mínimo 10% (dez por cento) de sua área total. Já o Decreto 5.343/2005 limita a 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.

No plano de Curitiba, a drenagem urbana sustentável é abordada várias vezes de maneira explícita, e também abordada de maneira implícita, além de estabelecer os componentes de alguns regulamentos municipais e as características de cada local, e aplicação de regras e obrigações.

Destacam-se que os principais pontos para o controle de enchentes relacionados com a drenagem urbana sustentável são: controle da erosão do solo por meio de redução na fonte da

produção de sedimentos em construção civil, superfícies desprotegidas em loteamento, transferência de energia de novas drenagens, gerando áreas degradadas, entre outros; plantio obrigatório de árvores, arbustos no fundo do vale que não podem ser construídos; nas redes pluvial e sanitária, buscar a identificação de interligação de redes e definição das funções das redes e sua funcionalidade para evitar a contaminação conjunta; chegar a um consenso com o departamento de meio ambiente para desenvolver um plano de poda de árvores para evitar que materiais orgânicos atrapalhem o funcionamento normal do sistema de drenagem; programa de controle da poluição difusa, com o controle das fontes de contaminação da poluição difusa na cidade; correias de proteção para proteger a drenagem natural e urbana de acordo com as leis e regulamentos florestais; a estrutura da cobertura do edifício, incluindo depósitos de terrenos e plantação de relva no topo do edifício (cobertura verde); sistemas hidráulicos de reaproveitamento da água da chuva em prédios comerciais e residenciais; equipamento ideal para coleta de água de escoamento (vala de infiltração e retenção); criar um sistema de arrumação (cobertura de arrumação) no terraço.

O plano de Juiz de fora, não menciona medidas de drenagem urbana sustentável de forma explícita, mas é possível destacar algumas medidas ao longo do seu texto, que são tratados de forma superficial e usados para um desenvolvimento sustentável de novos empreendimentos.

As principais medidas são: desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis com drenagem; aplicação de pavimentos permeáveis, blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso; aplicação de trincheiras de infiltração; revegetação de áreas degradadas pela agropecuária; fiscalização da implantação de novos parcelamentos do solo na região; recuperação da cobertura vegetal objetivando controlar processos erosivos gerados pelo escoamento superficial das águas pluviais nas bacias hidrográficas.

Vale a menção sobre os direitos referentes ao equilíbrio ambiental, que aparece no *caput* do art. 225 da Constituição Federal de 1988: "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações".

O capítulo da CFRB/1988, que trata da Política Urbana, consagra, por conseguinte, a verdadeira preocupação da Constituição em dar as populações de cada município o direito ao desenvolvimento sustentável de suas regiões. Dessa forma, destaca-se que a regulamentação

relacionada com a drenagem urbana sustentável tem como objetivo ordenar as ações futuras na cidade quanto à drenagem urbana, visando controlar na fonte os potenciais impactos da urbanização.

É notório que apenas o plano de João Pessoa não oferece uma opção mais sustentável para o gerenciamento do escoamento das águas pluviais do que os sistemas convencionais de drenagem, já que os outros três se preocupam a sustentabilidade da gestão das águas pluviais, e propõem medidas em edifícios existentes e sugestões para projetos futuros.

Ressalta-se, ainda, que o plano que mais traz aspectos, propostas e informações para a drenagem urbana sustentável é o de Curitiba, mas os de Natal e Juiz de Fora, embora não mencionem tantas ações, também se mostram preocupados com a sustentabilidade nos seus sistemas de drenagem com várias medidas em comum entres estes dois, como: recuperação da cobertura vegetal objetivando controlar processos erosivos, aplicação de pavimentos permeáveis e aplicação de trincheiras de infiltração.



## 6 CONCLUSÃO

Analisando os objetivos mencionados, tem-se que a pesquisa conseguiu cumprir com eles, através de uma pesquisa comparativa qualitativa entre os Planos Diretores de Drenagem Urbana de Natal, João Pessoa, Curitiba e Juiz de Fora. Analisando os planos, observou-se diferença nas consistências dos dados, instruções e mecanismos envolvidos na formulação do plano, além deles terem qualidades diferentes entre alguns pontos analisados.

Todos os planos trazem seus objetivos de forma bem clara, com a exceção do plano de João Pessoa, Paraíba, o qual é bastante escasso de informações nos seus objetivos. Apesar disso, consegue-se extrair que os quatro planos em análise neste trabalho, têm basicamente os mesmos objetivos principais, os quais são diminuir os impactos causados pelas inundações, além de buscar que não se tenha pontos de alagamentos em áreas urbanas. Além disso, percebeu-se que todos os municípios possuem um manual de drenagem, exceto João Pessoa, por não possuir um plano em si.

Ressalta-se que o plano de Natal é bem detalhado e contém muitas informações que estão intimamente relacionadas com o andamento do controle de inundações, além de ter todas as informações buscadas neste trabalho, com isto, o plano de Natal visa mitigar e diminuir os problemas com enchentes, devido ao seu sistema de drenagem natural muito deficiente.

O plano de Curitiba é muito rico de informações e merece destaque por um documento desses, que é de grande pertinência para o avanço em prevenção de cheias. O mesmo, menciona todas os objetivos procurados neste trabalho, pecando apenas quando chega na microdrenagem, ou seja, não traz dados suficientes sobre sua rede de drenagem. Apesar disso, é um plano muito bem elaborado, junto ao de Natal é o que mais tem informações pertinentes à drenagem urbana.

Comparado com os planos de Natal e Curitiba, o plano de Juiz de Fora ainda carece de algumas informações, principalmente sobre sua rede de drenagem, já que o mesmo só traz a rede como meta de longo prazo fazer um cadastro de toda sua rede de drenagem, além do mais, o plano falha nas informações acerca de toda a cidade, já que faz menção apenas a zona norte do município.

Para o município de João Pessoa, pode-se dizer que ainda há um longo caminho a percorrer para se ter uma gestão planejada ao combate às enchentes, inundações e alagamentos. A falta de um plano diretor, com uma rede de drenagem cadastrada, medidas de implantação de novos sistemas de drenagem, entre outros é o principal fator para o município não avançar em relação a uma drenagem urbana eficiente, o tópico sobre drenagem urbana, no PMSB/JP,

falhou em praticamente todos os objetivos analisados nesse trabalho. Ainda ficou notório que a gestão do município não age de forma organizada, mas sim, de forma pontual, quando os problemas de drenagem já estão evidentes e há uma pressão da população por soluções rápidas. Ou seja, são ações pontuais, de forma não padronizada e previstas como nos demais planos analisados.

Um Plano Diretor de Drenagem Urbana para o município, até começou a ser discutido em 2009, mas até hoje não saiu do papel. Dessa forma, destaca-se que enquanto não forem tomadas medidas sustentáveis, de forma organizada, através de um planejamento adequado, mais dinheiro público será gasto com obras de recuperação e manutenção.

Diante disso tudo, algumas proposições a serem feitas, como a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana para a Cidade de João Pessoa, com todos os volumes que compõe o plano, inclusive com um manual de drenagem urbana para que os novos projetos sejam adequados para uma drenagem urbana sustentável. Além disso, reitera-se que seja criado também o Plano para as outras zonas da cidade de Juiz de Fora, as zonas leste, oeste e sul.

Por fim, os Planos Diretores de Drenagem Urbana devem visar educar a sociedade sobre o valor de uma drenagem pluvial urbana consciente e ordenada, bem como coibir o uso abusivo do sistema de drenagem municipal e buscar um crescimento urbano ordenado e em conformidade com os anseios socioambientais.

## REFERÊNCIAS

- A cidade e as águas. **Curitiba.pr.gov**. Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2020/00291002.pdf>. Acesso em: 05 de setembro de 2021.
- A cidade. **Prefeitura de Juiz de Fora**. Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/cidade/>. Acesso em: 19 de setembro de 2021.  
Acesso em: 13 de agosto de 2021.
- AGEVAP. **Plano de Drenagem de Juiz de Fora**. Parte 1 – Zona Norte (PD/JF ZN). vol. 1 – Diagnóstico. 2011.
- AMARAL, R.; GUTJAHR, M.R. Desastres Naturais. Série: **Cadernos de Educação Ambiental**. 2. Ed. São Paulo: IG / SMA, 2012.
- AMARAL, R.; RODRIGUES, R. **Inundações e Enchentes**. In: Tominaga, R; Santoro, J; Amaral, R.(orgs.) / Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo : Instituto Geológico, 2009.
- ANDRADE, L.M.S. & ROMERO, M.A.B. A importância das áreas ambientalmente protegidas nas cidades. XI ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL. Salvador, 2006.
- Anuário Estatístico de Juiz de Fora. Meteorologia de Juiz de Fora, 1999-2007. Disponível em: [https://www.pjf.mg.gov.br/cidade/anuario\\_2008/basededados/PDF/1%20Hist.%20e%20Geografia/1%203%20Climatologia/T%201.1.pdf](https://www.pjf.mg.gov.br/cidade/anuario_2008/basededados/PDF/1%20Hist.%20e%20Geografia/1%203%20Climatologia/T%201.1.pdf). Acesso em 06 de setembro de 2021.
- Aspectos Institucionais do controle das inundações urbanas. I SEMINÁRIO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, Brasília, 1999.
- BAPTISTA, Márcio Benedito; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH**, Porto Alegre, v.7, n.1, 2002.
- BORGES, V. T.; ALMEIDA, F. G. Métodos e técnicas aplicados a gestão integrada dos Recursos Hídricos. **Revista Geo-Paisagem**. Ano 5, nº 9, 2006.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.
- BRASIL. Decreto n.7.217. de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 junho de 2010a.
- BRASIL. Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 06 jan. 2007a.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007

CARVALHO, Rodrigo Guimarães de. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**. Presidente Prudente, n. 36, 2014.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003.

CASTRO, Leonardo Mitre Alvim de. **Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água**. Belo Horizonte, 2007.

**CDROM**. ISDR. Disaster risk reduction 1994-2004. United Nations, International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, 2005.

CLARKE, Robin e KING, Jannet. **O Atlas da Água – O Mapeamento Completo do Recurso mais Precioso do Planeta**. Tradução Anna Maria Quirino. São Paulo: Publifolha, 2005, Título original: The Atlas of water.

Clima. **Embrapa.br**. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 19 de setembro de 2021.

CRUZ, M. A. S., SOUZA, C. F., TUCCI, C. E. M., Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo.

CRUZ, M.; TUCCI, C. E. M. **Avaliação dos cenários de planejamento na drenagem urbana**. Porto Alegre. RBRH, v. 2, n. 2, 2007.

CUNHA, J. L. X. L.; ALBUQUERQUE, A. W.; SILVA, C. A.; ARAÚJO, E. SANTOS JUNIOR, R. B. Velocidade de Infiltração da Água em um Latossolo Amarelo Submetido ao Sistema de Manejo Plantio Direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, 2009.

Dados climáticos para cidades mundiais. **Climate-date.org**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: 08 de setembro de 2021.

ENCHENTE, INUNDAÇÃO, ALAGAMENTO OU ENXURRADA? **DCSBCSP**. Disponível em: <http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-oualagamento.html>. Acesso em 23 de maio de 2015.

ENOMOTO, C. F. **Estudo de Medidas Não-Estruturais para Controle de Inundações Urbanas**. Publicatio UEPG: Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. v. 6, n. 1, 2000.

European exchange circle on flood mapping (EXCIMAP). **Handbook on good practices for flood mapping in Europe**. [S.l.]: European Commission, Waters Directors, 2007.

FREITAS, E., Filho, A., & LEITE, F. Influência da urbanização da bacia do rio Jundiá-Mirim nas áreas de deságüe e no risco de deslizamentos. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Alagoas, 2011.

Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. **Manual de saneamento**. Orientações Técnicas. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

GOERL, R. F. **Reflexões sobre o registro de desastres naturais no Brasil**. In: SILVEIRA, W. N.; KOBİYAMA, M.; GOERL, R. F.; BRANDENBURG, B. História de Inundações em Joinville 1851 - 2008. Curitiba, Organic Trading, 2009.

HANSMANN, Henrique Zanotta. Descrição e Caracterização das Principais Enchentes e Alagamentos de Pelotas-RS. Pelotas, 2021

IBGE, **Território e Ambiente**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 20 de agosto de 2021.

JOÃO PESSOA. Decreto nº 5.343, de 28 de junho de 2005. Estabelece a delimitação do

JOÃO PESSOA. Decreto nº 5.900, de 24 de abril de 2007. Estabelece instruções

JOÃO PESSOA. Lei complementar nº 93, de 30 de dezembro de 2015. Dispõe sobre a política municipal de saneamento básico do município de João Pessoa, seus instrumentos, e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pb/j/joao-pessoa/lei-complementar/2015/9/93/lei-complementar-n-93-2015-dispoe-sobre-a-politica-municipal-de-saneamento-basico-do-municipio-de-joao-pessoa-seus-instrumentos-e-da-outras-providencias%20->. Acesso em: 02 de agosto de 2021.

Juiz de Fora, Minas Gerais, Genealogia. **Family Search**. Disponível em: [https://www.familysearch.org/wiki/pt/Juiz\\_de\\_Fora,\\_Minas\\_Gerais\\_-\\_Genealogia](https://www.familysearch.org/wiki/pt/Juiz_de_Fora,_Minas_Gerais_-_Genealogia). Acesso em: 15 de setembro de 2021.

JUNIOR, R.O.; COELHO, M.F. Instrumentos legais pertinentes à gestão do solo e da água urbanos e sua inserção nas políticas públicas. Rega – **Revista de Gestão da América Latina**, Porto Alegre: vol.2 – nº.2 ,2005.

JUNIOR, Valdevino José dos.; SANTOS, Carolina Oliveira. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. **Estação Científica**, Macapá, 2013.

KOBİYAMA, M.; GOERL, R.F. **Identificação dos riscos**. Emergência, Novo Hamburgo, ed.25, 2011.

KOBİYAMA, M.; GOERL, R.F. **Quantitative method to distinguish flood and flash flood as disasters**. SUISUI Hydrological Research Letters, Tokyo, v.1, 2007.

KOBİYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI,

G.; RUDORFF, F. **Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

KRON, W.. —**Keynote lecture: Flood risk = hazard x exposure x vulnerability**”. Proceedings of Second International Symposium of Flood Defense, Beijing, 2002.

LENGLER, Cristina. **Instrumentos tributários imobiliários municipais aplicados à drenagem urbana: Estudo de caso de Taxa, Contribuição de Melhoria e Benefício Fiscal em Porto Alegre, RS**. Porto Alegre, 2012.

Mapa de João Pessoa. Wikimedia Commons. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Jo%C3%A3o\\_Pessoa](https://commons.wikimedia.org/wiki/Jo%C3%A3o_Pessoa). Acesso em: 16 de setembro de 2021.

Mapa do Rio Grande do Norte. Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RN-mapa-Natal.png>. Acesso em: 14 de setembro de 2021.

Mapa interativo de Curitiba. **Curitiba Paraná.net** Disponível em: <http://www.curitiba-parana.net/mapas/mapa-interativo.htm>. Acesso em: 29 de agosto de 2021.

Mapas da Paraíba. **Mapas do blog**. Disponível em: <https://mapasblog.blogspot.com/2011/12/mapas-da-paraiba.html> . Acesso em 13 de agosto de 2021.

Mapas de Minas Gerais. **Mapas do blog**. Disponível em: <https://mapasblog.blogspot.com/2011/11/mapas-de-minas-gerais.html>. Acesso em: 13 de agosto de 2021.

Mapas do Paraná. **Mapas do blog**. Disponível em: <https://mapasblog.blogspot.com/2011/10/mapas-do-parana.html>. Acesso em: 13 de agosto de 2021.

Mapas do Rio Grande do Norte. **Mapas do Blog**. Disponível em: <https://mapasblog.blogspot.com/2011/12/mapas-do-rio-grande-do-norte.html>. Acesso em: 13 de agosto de 2021.

Mapas dos bairros de Natal. **Encontra Rio Grande do Norte**. Disponível em: <http://www.encontrariograndedonorte.com.br/mapas/mapa-bairros-de-natal.htm>. Acesso em: 01 de setembro de 2021.

MARQUES, C.E.B. **Proposta de método para a formulação de planos diretores de drenagem urbana**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Publicação MRARH.DM-092/06. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MEIER, M.A.; FOLETO, E.M. **A gestão das águas no Rio Grande do Sul**. In XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, 2011.

Minas Gerais, Juiz de Fora. **IBGE**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/juiz-de-fora/panorama>. Acesso em: 10 de setembro de 2021.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

NASCIMENTO, Francisco Paulo de. Classificação da Pesquisa. Natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos, 1997. In: *Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática – como elaborar TCC*. Brasília: Thesaurus, 2016. normativas de aprimoramento da legislação urbanística vigente e dá outras providências. Disponível em: <http://antigo.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/Decreto5900.2007.pdf>. Acesso em: 4 de setembro de 2021.

OBRAS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS EM CURITIBA SOMAM R\$ 151 MILHÕES. **Curitiba.gov**, 2016. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/obras-de-contencao-de-cheias-em-curitibasomam-r-151-milhoes/38999>. Acesso em: 25 de março 2021.

Paraíba, João Pessoa. **IBGE**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joaopessoa/panorama>. Acesso em: 04 de setembro de 2021.

Paraná, Curitiba. **IBGE**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curitiba/panorama>. Acesso em: 04 de setembro de 2021.

Parque do cabo branco, instruções normativas de zoneamento urbano e ambiental, a contrapartida financeira dos empreendimentos e dá outras providências. Disponível em: <http://antigo.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/DECRETO-5.343-Cabo-Branco.pdf>. Acesso em: 4 de setembro de 2021.

PEITER, Cláudia Maria. **Desastres naturais: enchentes e inundações e o papel do estado e da sociedade na gestão de segurança pública**. Itajaí, 2012.

Perfil da cidade de Curitiba. **Curitiba.pr.gov**. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/perfil-da-cidade-de-curitiba/174>. Acesso em: 21 de setembro de 2021.

Plano diretor de drenagem e manejo de águas pluviais na cidade de Natal. **Manual de Drenagem**. Natal, 2009.

Plano de Drenagem de Juiz de Fora. **Prefeitura de Juiz de Fora**. Disponível em: [https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/sepur/planos\\_programas/drenagem.php](https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/sepur/planos_programas/drenagem.php). Acesso em: 09 de agosto de 2021.

Plano diretor de drenagem urbana. **Manual de drenagem urbana**. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2005. Disponível em: [http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu\\_doc/manual\\_de\\_drenagem\\_ultima\\_ve\\_rsaio.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_ve_rsaio.pdf). Acesso em: 15 de agosto de 2021.

Plano municipal de saneamento básico do município de João Pessoa. **Semanário Oficial**. João Pessoa, 2015.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE NATAL/RN. **Diagnóstico da situação do saneamento**. Subproduto 2.1. - Tomo II. Situação dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Natal, 2014.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO. **Curitiba.gov**. 2007. Disponível em: <http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/plano-municipal-de-saneamento-basico/2958>. Acesso em 15 de Agosto de 2021.

Prefeitura Municipal de Juiz De Fora. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano**. Juiz de Fora: FUNALFA Edições, 2004.

Regiões de Juiz de Fora. **Acessa.com**. Disponível em: <https://www.acessa.com/jfmapas/regioes.php>. Acesso em: 21 de setembro de 2021.

RIBEIRO, Maria de Fátima. **Morfometria, uso e cobertura do solo como indicadores de enchentes e inundações na Bacia do Rio do Prata, Ilha do Maranhão**, Belo Horizonte, 2001.

RIGHETTO, A. M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396p.

RIGHI, Eléia. **Metodologia para zoneamento de risco a inundações graduais**. Porto Alegre, 2016.

Rio Grande do Norte, Natal. **IBGE**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/natal/panorama>. Acesso em: 14 de setembro de 2021.

SANTANA, Ricardo Gonçalves Santana; BARROS, Danyella Vale; SILVA, Quésia Duarte da; TEIXEIRA, Estevânia Cruz; COSTA, Cristiane Mouzinho; Morfometria, uso e cobertura do solo como indicadores de enchentes e inundações na Bacia do Rio do Prata, Ilha do Maranhão. **Revista Brasileira da Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 2016.

SCHWAB, James C. **Hazard Mitigation: Integrating Best Practices into Planning**. Chicago: American Planning Association (APA), 2010.

Secretaria Municipal de Planejamento e Urbanismo. **Elaboração de estudos para o plano de medidas estruturais de drenagem urbana do município de Taquara**. Taquara, 2019.

SILVEIRA, Taxa não é Cobrança: Uma Proposta para a Efetiva Aplicação do Instrumento de Gestão dos Recursos Hídricos para a Drenagem Urbana. RBRH — **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 14 n.4, 2009.

TASCA, Fabiane Andressa. **Gestão da drenagem urbana na bacia hidrográfica do rio itajaí-açu**. Santa Catarina, 2012.

TAVARES, A.C; SILVA, A.C.F. **Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica**. Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, v. 3, n.1, p. 4-15, jan./jun. 2008.

TUCCI, Carlos E. M. **Águas Urbanas. Estudos Avançados** (USP.Impresso), v. 22, 2008.



TUCCI, Carlos E. M. **Águas urbanas**. In: J. Carlos E. M. Tucci, Inundações Urbanas na América do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, p.156, 2003.

TUCCI, Carlos E. M. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. Rio RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5. n.1, p.61-68, 2000.

TUCCI, Carlos E. M. et al. **Hidrologia** – ciência e aplicação - 4ª ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2007a.

TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol.7(1), 5-27. 2002.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da Drenagem Urbana**. Texto para discussão CEPAL/PEA, 2012. 50p.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005b.

TUCCI, Carlos E. M. **Programa de Drenagem Sustentável Apoio ao Desenvolvimento do Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades, 2005a.

TUCCI, Carlos E. M. **Urbanização e recursos hídricos**. In: BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. Águas do Brasil: análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.

TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlis. **Inundações Urbanas na América do Sul** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

UCAR. **Flash Flood Early Warning System Reference Guide**. University Corporation for Atmospheric Research, 2010. 188pp.

VALENTE, O.F. **Reflexões hidrológicas sobre inundações e alagamentos urbanos**. Minha Cidade, São Paulo, ano 10, n. 109.01, Vitruvius, ago. 2009.