

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – GEA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**ANÁLISE E MAPEAMENTO DOS CONDICIONANTES URBANOS PARA  
O CONTROLE DOS ALAGAMENTOS NO CONTEXTO DO MODELO DE  
PLANEJAMENTO URBANO DA CIDADE DO GAMA/DF-RA II**

**João Sudário da Silva**  
Dissertação de Mestrado

Brasília-DF, Agosto/2023



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – GEA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**ANÁLISE E MAPEAMENTO DOS CONDICIONANTES URBANOS PARA  
O CONTROLE DOS ALAGAMENTOS NO CONTEXTO DO MODELO DE  
PLANEJAMENTO URBANO DA CIDADE DO GAMA/DF-RA II**

João Sudário da Silva

Orientadora:

Profa. Dra. Ruth Elias de Paula Laranja

Dissertação de Mestrado

Brasília-DF, Agosto/2023



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – GEA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**ANÁLISE E MAPEAMENTO DOS CONDICIONANTES URBANOS PARA  
O CONTROLE DOS ALAGAMENTOS NO CONTEXTO DO MODELO DE  
PLANEJAMENTO URBANO DA CIDADE DO GAMA/DF-RA II**

João Sudário da Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Geografia, Linha de Pesquisa Análise de Sistemas Naturais, opção Acadêmica.

Aprovada Por:

---

Profa. Dra. Ruth Elias de Paula Laranja – UnB

Orientadora

---

Profa. Dra. Roselir Oliveira Nascimento – UnB

Examinadora Interna

---

Prof. Dr. João Donizete Lima – UFCAT

Examinador Externo

---

Prof. Dr. Rafael Rodrigues da Franca – UnB

Suplente

Brasília-DF, 22 de agosto de 2023

SILVA, JOÃO SUDÁRIO DA

Análise e mapeamento dos condicionantes urbanos para o controle dos alagamentos no contexto do modelo de planejamento urbano da cidade do Gama/DF-RA II, 177 p., 297 mm (UnB – Departamento de Geografia, Análise de Sistemas Naturais, 2023).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Departamento de Geografia.

1 – Urbanização

2 – Planejamento Urbano

3 – Gestão da Drenagem Urbana

4 – Condicionantes Urbanos

5 – Mapeamento

I. UnB-GEA

II. Título (série)

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

João Sudário da Silva

Aos meus pais, meu muito obrigado!!

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus antepassados.

Aos meus pais, Delcídes Abadia e Eva Maria, cuja união permitiu minha existência.

Aos meus irmãos, por alegrias proporcionadas nos momentos de descontração.

À minha namorada, Lilian, com muito carinho e amor, pela compreensão e paciência do início e ao fim desta jornada.

A Professora Ruth Elias de Paula Laranja pelas preciosas orientações e sugestões durante a pesquisa.

Ao Professor João Donizete (UFCAT) e a Professora Roselir Oliveira (UnB) por todas as recomendações e sugestões para o trabalho.

Ao Hilton e ao Marcos, servidores da NOVACAP (DIPROJ) que forneceram dados primordiais no início da pesquisa.

À Administração Regional do Gama(DF), na pessoa do servidor Maurício Miranda, da Coordenação de Licenciamento, Obras e Manutenção, por prestar informações preliminares sobre o serviço de drenagem urbana na cidade. À ASCOM, SLU, na pessoa da servidora Paula, por disponibilizar dados de resíduos sólidos do Gama/DF.

Ao Professor Sérgio Koide, da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, que gentilmente concedeu seu tempo para esclarecimentos úteis sobre o tema.

A Secretaria de Educação, representada pela EAPE, agradeço a todos na pessoa da Servidora Alzira, que gentilmente conduziu o processo da licença para os estudos, proporcionando melhores condições para esta pesquisa.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para este estudo.

*O sentido da vida está no crescimento: o que é bom nem sempre é o que é agradável, mas o que nos faz crescer. Porém, a dor não obriga e sim convida a crescer*

**Khalil Gibran *apud* Lucia H. Galvão**

## RESUMO

A urbanização é parte dos processos de transformações espaciais que expressam aspectos da relação sociedade-natureza. Neste contexto, esta investigação tem por objetivo a identificação de áreas urbanas com potencial para implementação de técnicas compensatórias em drenagem das águas pluviais na cidade do Gama (DF). Na literatura técnica e acadêmica verificou-se a existência de técnicas alternativas em drenagem urbana, mas as abordagens ainda seguem o modelo tradicional, localizadas e de curto prazo, pois transfere os alagamentos de um local para outro das cidades. Foi constatado que o planejamento urbano desarticulado de outras políticas espaciais acarreta implicações socioambientais, causando impactos na drenagem das águas pluviais, potencializados por impermeabilização do solo e a densificação do espaço urbano. Por meio de trabalho de campo e técnicas de geoprocessamento foi realizado o mapeamento de áreas livres consideradas condicionantes urbanas para subsidiar a implementação de medidas de controle dos alagamentos. Os problemas constatados no Gama(DF) poderiam ser mitigados pois em todos os setores da cidade foram identificados e mapeados condicionantes urbanos com potencial para aplicação de técnicas compensatórias em drenagem urbana. Mudar o paradigma tem como ponto de partida a efetiva articulação da gestão de drenagem urbana com outras políticas espaciais locais e regionais. O desafio está posto ao planejamento urbano e as ações de execução das políticas territoriais e ambientais no Gama(DF), apresentando-o como modelo de sustentabilidade para as demais cidades do Distrito Federal.

**Palavras-chave:** Urbanização. Planejamento Urbano. Gestão da drenagem urbana. Condicionantes urbanos. Mapeamento.

## ABSTRACT

Urbanization is part of the process of spatial transformation that expresses aspects of the relationship between society and nature. In this context, the aim of this research is to identify urban areas with potential for implementing compensatory rainwater drainage techniques in the city of Gama (DF). The technical and academic literature revealed the existence of alternative urban drainage techniques, but the approaches still follow the traditional, localized and short-term model, as they transfer flooding from one part of the city to another. It was found that urban planning that is disconnected from other spatial policies has socio-environmental implications, causing impacts on rainwater drainage, enhanced by soil sealing and the densification of urban space. Fieldwork and geoprocessing techniques were used to map open areas considered to be urban constraints in order to support the implementation of flood control measures. The problems found in Gama (DF) could be mitigated because in all sectors of the city, urban constraints were identified and mapped with the potential to apply compensatory techniques in urban drainage. Changing the paradigm has as its starting point the effective articulation of urban drainage management with other local and regional spatial policies. This is a challenge for urban planning and the implementation of territorial and environmental policies in Gama (DF), presenting it as a model of sustainability for the other cities in the Distrito Federal.

**Palavras-chave:** Urbanization. Urban planning. Urban drainage management. Urban constraints. Mapping.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	v
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
SUMÁRIO .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE GRÁFICOS .....	xiii
LISTA DE QUADROS.....	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xv
<b>1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
1.1 PROBLEMA.....	20
1.2 OBJETIVOS .....	20
1.2.1 Objetivo geral .....	20
1.2.2 Objetivos específicos .....	21
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	21
1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA .....	22
<b>2 A URBANIZAÇÃO E AS IMPLICAÇÕES NA DRENAGEM URBANA .....</b>	<b>27</b>
2.1 O CICLO HIDROLÓGICO .....	28
2.1.1 As bacias hidrográficas.....	29
2.1.2 Os solos no processo de drenagem .....	31
2.1.3 As precipitações.....	33
2.1.4 O escoamento superficial.....	35
2.2 IMPLICAÇÕES DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM URBANA E AS COMPETÊNCIAS NO PACTO FEDERATIVO.....	37
2.2.1 A história da drenagem urbana .....	38
2.2.2 A urbanização e os impactos na drenagem urbana .....	41
2.2.3 A gestão e o financiamento da drenagem urbana no pacto federativo .....	48
<b>3 AS ABORDAGENS NA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA.....</b>	<b>51</b>
3.1 OS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA .....	52
3.1.1 A macrodrenagem e a microdrenagem .....	53
3.1.2 O controle da drenagem na fonte .....	54
3.2 MEDIDAS ESTRUTURAIS: ABORDAGENS TRADICIONAIS .....	55
3.3 MEDIDAS ESTRUTURAIS COMPENSATÓRIAS.....	61
3.3.1 Tipos de medidas compensatórias .....	64

3.4 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS NA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA.....	80
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>88</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	88
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	90
4.2.1 Aspectos físicos-geográficos .....	92
4.2.2 O espaço socioeconômico.....	96
4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	101
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>106</b>
5.1 INSTRUMENTOS DE GESTÃO DA DRENAGEM URBANA .....	106
5.2 OS USOS DO SOLO URBANO E OS PONTOS DE ALAGAMENTOS .....	118
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>167</b>
REFERÊNCIAS.....	171

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1	Novos usos do solo: condomínios edifícios.....	25
FIGURA 2.1 –	Relação de causa-efeito das águas pluviais urbanas.....	42
FIGURA 2.2 –	Competências na gestão da drenagem urbana no Brasil.....	49
FIGURA 3.1 –	Tipos de medidas aplicadas em drenagem urbana.....	51
FIGURA 3.2 –	Sistemas de drenagem urbana.....	52
FIGURA 3.3 –	Trincheira de infiltração urbana.....	65
FIGURA 3.4 –	Dispositivo de infiltração em imóvel público.....	68
FIGURA 3.5 –	Modelo de Poço de infiltração.....	69
FIGURA 3.6 –	Pav. permeável em residencial no St. Central do Gama.....	71
FIGURA 3.7 –	Jardim de chuva em área de condomínios no St. Noroeste, RAI..	72
FIGURA 3.8 –	Reservatório residencial individual.....	74
FIGURA 3.9 –	Bacia de detenção em Vicente Pires, RAXXX.....	77
FIGURA 3.10 –	Evolução da utilização de obras de detenção.....	79
FIGURA 3.11–	Resíduos deixados em via pública.....	84
FIGURA 3.12 –	Boca de Lobo danificada c/ resíduos urbanos, Av. Com. dos Pioneiros.....	86
FIGURA 4.1 –	Mapa de localização da área de estudo.....	91
FIGURA 4.2 –	Perfil topográfico da área de estudo, sentido NE/SO.....	92
FIGURA 4.3 –	Mapa: declividade da área de estudo .....	94
FIGURA 4.4 –	Mapa: unidades de proteção ambiental no Gama.....	95
FIGURA 4.5 –	Escavação para fundação de edificação no setor central.....	96
FIGURA 4.6	Mapa das Principais Avenidas do Gama (DF).....	101
FIGURA 4.7	Organograma dos procedimentos metodológicos.....	103
FIGURA 5.1	Mapa da rede de monitoramento de águas superficiais do DF.....	109
FIGURA 5.2	Mapa: categorias de lotes por restrições de uso na área de estudo.....	113
FIGURA 5.3	Mapa urbano c/ destaque da direção dos fluxos na área de estudo.....	120
FIGURA 5.4 –	Mapa: formação de encurradas nas avenidas da área de estudo....	121
FIGURA 5.5	Mapa dos Pontos de Alagamentos na Área de Estudo.....	123
FIGURA 5.6	Foto de ponto de alagamento na Av. Wagner P. Almeida	124
FIGURA 5.7	Vista aérea do ponto de alagamento na Av. Wagner P. Almeida	125
FIGURA 5.8 –	Foto de ponto alagável na Av. JK .....	126
FIGURA 5.9 –	Vista aérea do ponto de alagamento da Av. JK.....	126

FIGURA 5.10 –	Foto de ponto alagável na Av. V. Bortolo e Contorno Oeste.....	127
FIGURA 5.11 –	Vista aérea de ponto alagável na Av. Contorno Oeste.....	128
FIGURA 5.12 –	Foto de ponto alagável na Av. Contorno Leste.....	132
FIGURA 5.13 –	Vista aérea de ponto alagável na Av. Contorno Leste.....	133
FIGURA 5.14 –	Foto: Área alagável na Av. Lourival Bandeira .....	134
FIGURA 5.15 –	Vista aérea de ponto alagável na Av. Lourival Bandeira.....	135
FIGURA 5.16 –	Foto: Área alagável na Av. Comercial dos Pioneiros.....	136
FIGURA 5.17 –	Vista aérea de ponto alagável na Av. Comercial dos Pioneiros.....	137
FIGURA 5.18 –	Foto: Área alagável na Av. Comercial dos Pioneiros.....	138
FIGURA 5.19 –	Vista aérea de ponto alagável na Av. Comercial dos Pioneiros.....	139
FIGURA 5.20 –	Mapa de Uso do Solo do Setor Central do Gama.....	141
FIGURA 5.21 –	Vista aérea do St. Central do Gama c/ novas edificações.....	142
FIGURA 5.22 –	Novas edificações e impermeabilizações do solo, St. Central do Gama.....	143
FIGURA 5.23 –	Eixo de transformação St. Central do Gama .....	144
FIGURA 5.24 –	Mapa de Uso do Solo do Setor Oeste do Gama.....	146
FIGURA 5.25	Área livre na cidade do Gama, uso com jardins de chuva.....	147
FIGURA 5.26	Vista aérea parcial da quadra 30 do setor oeste do Gama (DF).....	148
FIGURA 5.27	Mapa de Uso do Solo do Setor Norte do Gama (DF).....	149
FIGURA 5.28	Eixo Norte/Central: Transformação de Uso do Solo do Gama (DF).....	151
FIGURA 5.29	Construção de Estacionamento, Eixo Norte/Central, Gama .....	152
FIGURA 5.30	Mapa de Uso do Solo do Setor Leste do Gama.....	153
FIGURA 5.31	Eixo de Transformação Setor Leste 1, Gama.....	155
FIGURA 5.32	Mapa de Uso do Solo do Setor Leste 2 do Gama .....	157
FIGURA 5.33	Mapa de Uso do Solo do Setor Leste 3 do Gama .....	159
FIGURA 5.34	Eixo de Transformação Sul/Leste/Central .....	161
FIGURA 5.35	Eixo de Transformação Sul/Oeste/Central .....	163
FIGURA 5.36	Foto destacando a cota topográfica dos imóveis abaixo da Av. Comercial dos Pioneiros.....	164
FIGURA 5.37	Vista aérea parcial do St. Sul do Gama .....	165
FIGURA 5.38	Mapa de Uso do Solo do Setor Sul do Gama.....	166

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1 –	Impacto da urbanização no hidrograma.....	44
GRÁFICO 2.2 –	População mundial atingida por inundações.....	45
GRÁFICO 3.1 –	Municípios com problemas na drenagem(regionalizado).....	57
GRÁFICO 3.2 –	Municípios com problemas na drenagem (nacionalizado).....	58
GRÁFICO 3.3 –	Problemas no sistema tradicional de drenagem.....	58
GRÁFICO 3.4 –	Relação urbanização-picos de vazão.....	59
GRÁFICO 3.5 –	Hidrograma com meta de restrição de vazão.....	62
GRÁFICO 3.6 –	Porosidade dos solos/pavimentos.....	67
GRÁFICO 3.7 –	Coefficiente de escoamento considerando o revestimento.....	73
GRÁFICO 4.1 –	População da RAIL, Gama, por faixa etária/sexo.....	97
GRÁFICO 4.2 –	Pessoas ocupadas por setor da economia na RAIL, Gama.....	98
GRÁFICO 4.3 –	Percepção s/ infraestrutura nas vias do Gama.....	99

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 –	Fases da gestão das águas pluviais urbanas.....	40
QUADRO 2.2 –	Origem e natureza dos poluentes.....	46
QUADRO 5.1 –	Categorias de Restrições de Uso do Solo por Lotes no Gama (DF)	112

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ADASA	- Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal
AMBEV	- Companhia de Bebidas das Américas
ANA	- Agência Nacional de Águas
BPM	- Batalhão da Polícia Militar
CAESB	- Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CBH	- Comitê de Bacia Hidrográfica
CEB	- Companhia Energética de Brasília
CEM	- Centro de Ensino Médio
CF	- Constituição Federal
CODEPLAN	- Companhia de Planejamento do Distrito Federal
CODHAB	- Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Distrito Federal
COLOM	- Coordenadoria de Licenciamento, Obras e Manutenção
CORSAP-DF/GO	- Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos e das Águas Pluviais da Região Integrada do Distrito Federal e Goiás
CRH-DF	- Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal
DER-DF	- Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal
DF	- Distrito Federal
DIPROJ	- Diretoria de Projetos
DP	- Delegacia de Polícia
DWG	- Extensão de Arquivo Software do tipo CAD
ECOSOC	- Conselho Econômico e Social
EIV	- Estudo de Impacto de Vizinhança
ENC	- Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
EPIA	- Estrada Parque Indústria e Abastecimento
EUA	- Estados Unidos da América
FT	- Faculdade de Tecnologia
GDF	- Governo do Distrito Federal
HRG	- Hospital Regional do Gama(DF)

IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	- Instituto Brasília Ambiental
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas
JK	- Juscelino Kubitschek
JPEG	- <i>Joint Photographic Experts Group</i>
LID	- <i>Low Impact Development</i>
MAXVER	- Máxima Verossimilhança
MDT	- Modelo Digital de Terreno
METRÔ-DF	- Companhia do Metropolitano do Distrito Federal
min	- Minuto
mm	- Milímetro
NOVACAP	- Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil
ODIR	- Outorga Onerosa do Direito de Construir
ONU	- Organização das Nações Unidas
PDAD	- Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios
PDDU	- Plano Diretor de Drenagem Urbana
PDDU-DF	- Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal
PDF	- <i>Portable Document Format</i>
PDGIRS	- Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PDL	- Plano Diretor Local
PDOT	- Plano Diretor de Ordenamento Territorial
PDSB	- Política Distrital de Saneamento Básico
PEC	- Ponto de Encontro Comunitário
PIB	- Produto Interno Bruto
PNRH	- Política Nacional dos Recursos Hídricos
PNRS	- Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	- Política Nacional de Saneamento Básico
PTARH	- Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos
RA	- Região Administrativa
SCUT	- Sistema de Classificação de Uso da Terra

SEDUHDF	- Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal
SESI	- Serviço Social da Indústria
SGIRHDF	- Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal
SIG	- Sistema de Informação Geográfica
SINESPDF	- Secretaria de Estado de Infraestrutura e Serviços Públicos do Distrito Federal
SINGREH	- Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SLU	- Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal
TERRACAP	- Companhia Imobiliária de Brasília
ton	- Tonelada
UF	- Unidade da Federação
UnB	- Universidade de Brasília
UNICEPLAC	- Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos
U\$	- Dólar

# 1 - INTRODUÇÃO

Diante do fenômeno da urbanização, a Geografia exerce papel importante sob a perspectiva da análise espacial lançando mão de ferramentas para compreensão das nuances expressadas na relação sociedade-natureza. Nessa relação, mudam as paisagens, os habitantes demandam os espaços livres da cidade para edificações e alocação das atividades urbanas. O planejamento urbano como fim em si mesmo sem articulação com as demais dimensões espaciais pouco contribui com o desenvolvimento urbano sustentável. Entre os efeitos da urbanização destacamos os impactos nos processos hidrológicos nas bacias hidrográficas.

Por equívocos no planejamento os gestores técnicos continuam a adotar o padrão do modelo tradicional de drenagem urbana das águas pluviais, embora, em períodos chuvosos, tenham se revelado ineficientes para garantir a segurança e a normalidade da cidade. “A melhor drenagem é aquela que escoar a água da chuva o mais rápido possível para jusante” (TUCCI, 2007a, p. 185). Prevalece o paradigma da gestão da oferta, cuja solução é a busca pela eficiência hidráulica com obras que visam acelerar os escoamentos, sem levar em conta a compensação dos efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos (SOUZA, 2013a).

A função de regulamentar o uso do solo urbano foi destinada aos municípios, dimensão mais concreta do espaço vivido. Competência esta atribuída ao Distrito Federal, cuja organização político-administrativa veda a divisão de seu território em municípios (BRASIL, 1988). O instrumento básico de planejamento urbano é o Plano Diretor Local (PDL) onde o município define o perímetro urbano, destina e modifica os usos do solo levando em conta a divisão legal dos bens imóveis urbanos: privados, bens públicos de uso comum do povo, públicos de uso especial e bens dominicais (GONÇALVES, 2021). Em 2006, foi aprovado o PDL da cidade do Gama, tendo entre as finalidades de desenvolvimento territorial e urbano o cumprimento das funções sociais da cidade, democratização da gestão urbana e a sustentabilidade ambiental (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Contudo, antes da Constituição Federal (1988) e do Estatuto das Cidades (2001), o Gama(DF), RAI, entre outras cidades do Distrito Federal<sup>1</sup>, já contavam com planejamento urbano sob o paradigma moderno. Entretanto, no processo de planejamento as escalas de prioridades eram outras. Com efeito, os espaços livres e áreas verdes na cidade não eram percebidos na escala socioambiental por isso que outros usos do solo pressionam e diminuem cada vez mais as áreas permeáveis. Nos últimos 20 anos, vários eixos de transformações espaciais vem ocorrendo na cidade do Gama(DF), ganhando novos conteúdos e expressões urbanas.

A modalidade de destinação dos usos do solo revela os conflitos por espaços na cidade e os impactos das práticas espaciais sobre o funcionamento dos demais subsistemas, como, por exemplo, o ciclo hidrológico, as infraestruturas de drenagem (DISTRITO FEDERAL, 2018a), mobilidade urbana, acessibilidade etc. O PDL de 2006 institucionalizou as transformações espaciais que vem ocorrendo na cidade do Gama(DF).

Apesar das transformações, a cidade ainda possui atributos físicos favoráveis para adoção de técnicas compensatórias em drenagem urbana. São áreas livres, relevo predominantemente plano, solo potencialmente permeável, não está situada em área de vale e nem há cursos d'água em seu perímetro urbano. Com efeito, cabe à regulamentação do uso do solo e à gestão pública das águas pluviais o desafio de se articularem para prevenir e mitigar os impactos dos alagamentos agravados a partir das transformações do uso do solo, cuja dinâmica socioeconômica indica os vetores de expansão e desenvolvimento urbano (TUCCI, 2007b).

Conceitualmente, por técnicas compensatórias podemos entender aquelas medidas alternativas e dispositivos que visam promover a retenção, a infiltração e a evapotranspiração, além da conscientização e fiscalização, tendo por objetivo principal reduzir o escoamento superficial e os impactos à jusante. São consideradas técnicas compensatórias tanto as medidas estruturais não convencionais como as não-estruturais (TUCCI, 2012; BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005a; CANHOLI, 2005; DISTRITO FEDERAL, 2018b; SOUZA, 2013b). Nessas técnicas alternativas da drenagem urbana busca-se a gestão da bacia hidrográfica urbana com indissociabilidade entre as dimensões espacial e socioambiental deixando de ter apenas a visão de técnica de engenharia (SOUZA, 2013c). Os agentes com poder decisório devem se engajar para

---

<sup>1</sup> No Distrito Federal não há divisão municipal, sendo que suas cidades são territorialmente denominadas Regiões Administrativas (RAs) (BRASIL, 1988).

contemplar na agenda do planejamento do uso e ocupação do solo os novos paradigmas no manejo das águas pluviais urbanas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005b).

Para eficiência da implementação dessas técnicas, entretanto, é pressuposto fundamental a existência dos chamados os espaços públicos livres na cidade (bens de uso comum da comunidade), doravante tratados conceitualmente neste estudo como condicionantes urbanos com potencial para implementação de técnicas compensatórias em drenagem urbana das águas pluviais.

Para demonstrar esse fato, o escopo da pesquisa foca em identificar as áreas livres na cidade do Gama(DF), RAI, como condicionantes urbanos para usos do espaço para implementação de técnicas compensatórias em drenagem das águas pluviais no contexto do planejamento urbano local, visando a contribuir com a gestão da drenagem urbana.

## **1.1 PROBLEMA**

Existem áreas livres na cidade do Gama(DF), Região Administrativa II, como condicionantes urbanos para a implementação de técnicas compensatórias em drenagem das águas pluviais?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Identificar áreas livres na cidade como condicionantes urbanos para usos do espaço para implementação de técnicas compensatórias em drenagem urbana das águas pluviais no contexto do planejamento urbano da cidade do Gama (DF), RA II.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analisar o processo de urbanização e suas implicações na drenagem urbana das águas pluviais;
- Analisar as abordagens da gestão da drenagem urbana das águas pluviais;
- Identificar os usos do solo e os pontos de alagamentos a partir do mapeamento;
- Fornecer subsídios para implementação de técnicas compensatórias para o controle dos alagamentos no Gama (DF), RA II.

### **1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Esta dissertação se estrutura em cinco capítulos. No primeiro capítulo são apresentadas as considerações iniciais, apresentação do tema, problema de pesquisa, objetivos e a relevância e contribuição do estudo em sua dimensão espacial sob a perspectiva Geográfica.

O segundo e o terceiro capítulos apresentam o referencial teórico sobre a relação da urbanização com os processos hidrológicos e abordagens sobre as abordagens em gestão da drenagem urbana, destacando os sistemas e as medidas estruturais tradicionais, estruturais compensatórias e não-estruturais.

O quarto capítulo aborda a metodologia. Apresenta a caracterização da pesquisa, da área de estudo e o percurso metodológico. A área de estudo foi caracterizada a partir das dimensões físico-geográfica e a socioeconômica. Quanto ao percurso metodológico consistiu cinco etapas com a revisão teórica, montagem do banco de dados geoespaciais, saídas de campo, confecção dos mapas em ambiente SIG e análise dos resultados.

Os resultados e discussão são demonstrados no quinto capítulo. Compõe-se dos instrumentos institucionais aplicáveis à gestão da drenagem das águas pluviais, a interface planejamento urbano e o modelo de drenagem aplicado, os usos do solo e os pontos de alagamentos na cidade, os espaços considerados condicionantes urbanos e os eixos de transformações espaciais.

O sexto capítulo fecha com as considerações finais, destacando as contribuições e limitações da pesquisa, perspectivas e os desafios para mudanças de paradigma em

direção à adoção da abordagem compensatória em drenagem das águas pluviais nas cidades.

#### **1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA**

A ocupação das bacias hidrográficas pelo processo da urbanização expressa aspectos da relação sociedade/natureza. O desmatamento e a impermeabilização generalizada do solo são práticas urbanas sincronizadas e que impactam diretamente os sistemas naturais, modificando o sistema hidrológico, aumentando os escoamentos superficiais e diminuem o tempo em que ocorrem os picos de vazão, reduzindo a recarga dos aquíferos.

As abordagens sobre a drenagem urbana das águas pluviais acompanharam a problemática de acordo com as fases do desenvolvimento técnico. No contexto do saneamento básico, da fase higienista à fase da sustentabilidade os danos decorrentes dos alagamentos, enchentes e inundações são recorrentes nas cidades no Brasil e no mundo. Neste estudo, será considerado o conceito de alagamento aquele decorrente do processo de urbanização, especialmente causado pela impermeabilização do solo.

Dois grandes abordagens são concorrentes: a que adota o padrão tradicional de drenagem urbana e as que defendem a adoção de técnicas compensatórias em drenagem urbana. Como padrão, os técnicos e os gestores públicos adotam o primeiro modelo, localizado, focado no curto prazo e na condutividade hidráulica, sem considerar a bacia hidrográfica como um sistema socioambiental integrado. Esse padrão é pragmático, imediatista e demonstra o planejamento do uso e ocupação do solo concebido sem considerar os espaços em sua totalidade.

Essa constatação ocorreu em estudo teórico-conceitual sobre a temática. O estudo surgiu a partir de indagações do autor se existia na literatura abordagens para o enfrentamento da questão, sobretudo em razão dos danos materiais e sociais decorrentes dos desastres hidrológicos. Novas indagações levou-me ao presente estudo. Especialmente sobre como o poder público trata as técnicas compensatórias associadas ao planejamento urbano do uso e ocupação do solo nas cidades.

Neste contexto, sob a perspectiva socioambiental, a Geografia conduz a pesquisa de forma interdisciplinar considerando a relação sociedade/natureza expressadas na inter-relação urbanização/processo hidrológico. Assim, como em estudos de caso, o tema é abordado sob a perspectiva do espaço vivido, lugar onde se identifica os efeitos no espaço das decisões concebidas e percebidas de forma vertical, de fora para dentro. Sob esse prisma, o tema ainda não foi suficientemente abordado.

Por outro lado, do ponto de vista da educação escolar, existem lacunas nas escolas sobre abordagens que envolvem representações cartográficas locais, que exige maior detalhamento nas escalas dos mapas. Desse modo, a pesquisa é relevante porque insere o espaço vivido para compreensão do espaço a partir da escala local, do cotidiano dos alunos, podendo favorecer a compreensão das escalas dos fenômenos, das práticas dos agentes públicos e privados que resultam em mudanças na organização territorial do espaço geográfico local. A pesquisa igualmente fornecerá subsídios para as decisões na execução das políticas públicas, sobretudo nos processos de educação ambiental nas escolas e na comunidade.

Nesse sentido, foi escolhido o perímetro urbano do Gama(DF) como recorte espacial da pesquisa. A cidade conta com os atributos geográficos fundamentais para integração das funções socioambientais do ambiente. Neste contexto, apesar de todo o conhecimento disponível sobre a gestão da drenagem urbana sustentável, em épocas de chuvas é recorrente a repercussão de ocorrências de alagamentos com danos sociais e materiais no Gama(DF) e outras regiões administrativas que compõe o território do Distrito Federal.

Em discussão de tipos de tempos e desastres no Distrito Federal, Steinke e Barros (2015) assinalam que existe uma falsa ideia de que não ocorrem desastres urbanos na capital. Apontam que a vulnerabilidade socioambiental é proporcional ao aumento da concentração populacional em zonas urbanas, incremento do escoamento superficial pela impermeabilização do solo, além da falta de planejamento governamental do uso solo. Em 2007, destacaram 74 reportagens relacionadas aos alagamentos, sendo a cidade do Gama (DF) entre as mais atingidas.

Recentemente, em 23 de dezembro de 2022, choveu intensamente em várias cidades, sendo que no Gama a precipitação atingiu 23mm em 1h. Segundo relatos do Corpo de Bombeiros, a cidade concentrou a maior parte das ocorrências, causando estragos no Hospital Regional do Gama (HRG), em estabelecimentos comerciais, em residências, além de problemas no trânsito por causa dos alagamentos em várias

avenidas, culminando com pessoas sendo levadas àquela unidade hospitalar (G1 DF, 2022).

Na essência, isso é paradoxal. A cidade do Gama(DF) conta com planejamento urbano, o PDL, aprovado em 2006. Na escala regional, o PDOT identifica a cidade com potencial para adensamento urbano com melhoria da infraestrutura urbana incrementando seu papel como subcentralidade (DISTRITO FEDERAL, 2009). Porém, essencialmente não existe a incorporação da racionalidade socioambiental no planejamento.

Entretanto, fatores como o relevo, solo e, sobretudo, a existência de áreas livres como condicionantes urbanos com potencial socioambiental são pressupostos fundamentais para a adoção das técnicas compensatórias em drenagem urbana das águas pluviais. Aliado a esses atributos, entra a articulação efetiva na execução das políticas públicas espaciais.

O desenvolvimento local centralizado na promoção do aumento do coeficiente de densidade de ocupação carrega riscos socioambientais. Os problemas reais constatados podem expressar a ausência de articulação na execução das políticas urbanas e ambientais, havendo desequilíbrio socioambiental nos usos e ocupação do solo. Não se prevê medidas corretivas e tampouco de precaução como, por exemplo, considerar áreas na cidade como condicionantes urbanos para implementação de medidas de controle.

A cidade do Gama(DF) é parte do modelo de formação territorial polinucleada do Distrito Federal (CODEPLAN, 2018). Pode-se atribuir ao processo de estruturação urbana da cidade em três períodos. O primeiro (décadas de 1960/70), inicia com a inauguração onde se implantou os setores leste, oeste, norte, setor sul parte do setor central e de indústrias. No segundo (décadas de 1980/90), assentamentos residenciais complementam áreas dos setores sul, leste e oeste; implantação de áreas mistas no setor de indústrias, além do setor central, espaço no qual se inicia a verticalização da cidade, para usos comercial e residencial (DISTRITO FEDERAL, 1997). No final dos anos 1990 e início dos 2000, configuram o terceiro momento. Neste contexto, é criado o Setor de Múltiplas Atividades, em 2001, para usos mistos e surgem os parcelamentos do solo por multiplicação de condomínios irregulares na porção noroeste da RAI. Da virada do milênio até o presente histórico consolida-se a verticalização, e amplia-se o

uso residencial e comercial a partir de mudanças de destinação das áreas - vulgarmente chamadas de “espaços vazios da cidade”.

A Figura 1.1 apresenta as novas edificações ilustrativas desse processo de transformação do espaço urbano da RA II. Entre as mudanças de destinação de uso do solo destacam-se: áreas rurais em urbanas, a construção de edifícios residenciais em área industrial e a construção de residências multifamiliares<sup>2</sup>, o surgimento de estabelecimentos comerciais e de serviços formando eixos de transformação do uso do solo, além de previsão de outorga onerosa do direito de construir nos principais eixos de circulação viária para atividades econômicas (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Figura 1.1 – Novos usos do solo destacando residências multifamiliares<sup>1</sup>



Fonte: Silva, João Sudário da((2015)

No que tange aos produtos cartográficos, os anos de 2007 e 2021 foram escolhidos para a confecção dos mapas. O primeiro por ser o primeiro ano após a aprovação do plano diretor local e ainda representar a originalidade urbana prevista no projeto do Eng. Paulo Hungria, e o segundo recorte em razão da maior proximidade temporal com a pesquisa. Contudo, o foco não será a análise multitemporal em si, mas demonstrar que apesar dos eixos de transformações espaciais na cidade identificados, os

---

<sup>2</sup> Edifícios residenciais divididos em unidades imobiliárias privativas, contendo áreas comuns condominiais.

resultados apresentaram a existência de áreas como condicionantes urbanos com potencialidade para implementação de técnicas compensatórias em drenagem urbana das águas pluviais.

Pretende-se, neste contexto, contribuir com o debate a partir da problematização sobre o planejamento urbano e a inserção de áreas como condicionantes urbanos e considera-los como usos específicos do solo aumentando o leque nas abordagens sobre a gestão da drenagem urbana, como possibilidade para promover os processos naturais e mitigar os efeitos dos alagamentos no Gama (DF), nas estações chuvosas.

## 2 A URBANIZAÇÃO E AS IMPLICAÇÕES NA DRENAGEM URBANA

O manejo das águas pluviais nas cidades deve considerar as variáveis que compõem as bacias hidrográficas. O ciclo hidrológico, o regime de precipitações, os efeitos da urbanização nos escoamentos, as características dos solos etc. O planejamento e a implementação de infraestruturas urbanas têm um desafio a mais para as políticas de desenvolvimento urbano na medida que todas as dimensões espaciais devem estar articuladas.

Neste estudo, é pertinente o entendimento da relação desenvolvimento urbano com a dinâmica das águas pluviais urbanas, sobretudo, as implicações socioambientais, como o aumento do escoamento e dos picos de vazão e diminuição da infiltração no solo. Sabe-se que entre os impactos no processo hidrológico estão as enchentes, inundações, enxurradas, alagamentos etc.

As enchentes e as inundações são fenômenos hidrometeorológicos representados por processos naturais de extravasamento das águas do leito menor para áreas marginais do leito maior, estando ou não relacionados com as alterações antrópicas (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007 *apud* CAJAZEIRO, 2012), como, por exemplo, processos de urbanização.

Para os propósitos da pesquisa, utilizar-se o termo “alagamento” relacionado com o processo de urbanização conforme o estabelecido pelo Ministério das Cidades e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (BRASIL, 2007a), considerando como tal o acúmulo temporário de águas em pontos urbanos não situados em áreas de várzeas e a processos dos cursos fluviais (REIS, 2011 *apud* CAJAZEIRO, 2012). Estão relacionados às enxurradas, à redução das superfícies de infiltração, sobretudo, pela compactação e impermeabilização dos solos e pelo aumento da densidade urbana. Segundo Alves e Castro (2003, p. 28), os alagamentos se referem “[...] à morfologia e ao sistema de drenagem local do que às características locais de precipitação – apesar de também se relacionar a essas”, tornando-se potencialmente graves por planejamentos desarticulados com outras dimensões espaciais e a destinação inadequada dos resíduos urbanos (CAJAZEIRO, 2012). Evidenciam a ineficiência na gestão e no modelo de drenagem adotados.

Este tópico caracteriza o ciclo hidrológico seus elementos, a relação da urbanização com as águas pluviais fazendo um apanhado histórico e igualmente análise da competência e financiamento no pacto federativo.

## **2.1 O CICLO HIDROLÓGICO**

O ciclo hidrológico é um modelo descritivo do sistema hídrico na superfície terrestre. Sabe-se que a água, o vapor d'água, o gelo e a energia pertencem a um sistema complexo em que o ciclo interage com outros sistemas terrestres, na atmosfera, hidrosfera, criosfera, litosfera e biosfera. A maior parte da evaporação e da precipitação ocorre nos oceanos (97%). Apenas 14% da evaporação ocorre em ambientes terrestres, cuja precipitações são resultados de 22% da umidade remanescente dos oceanos e do continente (CHRISTOPHERSON, 2012).

Em qualquer planejamento urbano, a política pública de drenagem urbana das águas pluviais deve considerar essa dimensão ambiental em seus programas de ações, consubstanciando-as nas escalas, temporais e espaciais, de curto, médio e longo prazos, visando antever riscos quantitativos e qualitativos, decorrentes das interferências antrópicas no ciclo natural das águas. Além dos critérios socioeconômicos, devem ser considerados: as características da geologia, geomorfologia, pedologia, morfologia, a densidade de urbanização e taxa de impermeabilização; as características dos processos hidrológicos etc.

Neste contexto, sob a perspectiva do desenvolvimento urbano sustentável, problematizar a relação sociedade/natureza, expressadas nas escalas do urbano, águas pluviais e a bacia hidrográfica se inserem no desafio que demanda a mudança de concepção do espaço percebido, de modo a promover práticas socioambientais sustentáveis no espaço vivido.

### 2.1.1 As bacias hidrográficas

O sistema bacia hidrográfica é o espaço territorial no qual se concebe os planos, programas e ações previstas na Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) e ambiente de atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). A PNRH tem, entre os objetivos e diretrizes, a sustentabilidade, a garantia dos diversos usos, a articulação com a gestão do uso do solo, a prevenção contra eventos hidrológicos críticos, além promover a captação, preservação e o aproveitamento das águas pluviais (BRASIL, 1997).

Sob a perspectiva geomorfológica, a bacia de drenagem é considerada “[...] uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto do canal fluvial [...]” (NETTO, 2009, p. 97-98). Pertencente ao sistema hidro-geomorfológico, pois, além da água, leva em conta outros elementos no processo de drenagem.

Para efeitos práticos, as bacias de drenagem podem ser desmembradas em sub-bacias, dependendo do ponto de deflúvio (GUERRA; CUNHA, 1998). É neste sentido, e considerando aspectos administrativos, que o SINGREH atribui aos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) suas respectivas áreas de atuação, levando-se em conta a extensão total da bacia ou as sub-bacias tributárias de um rio principal, ou ainda de grupos de bacias ou sub-bacias contíguas. A densidade e o padrão de drenagem são outros critérios utilizados pela geografia para o estudo das bacias hidrográficas. Estes indicam as características geológicas e climáticas de uma região. Aquelas, indicam a topografia regional e a aparência da paisagem (CHRISTOPHERSON, 2012).

No campo da hidrologia, a bacia hidrográfica ou bacia de contribuição de uma seção de um curso de água é a área geográfica coletora de água de chuva que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada (HOLTZ *et al*, 1976). Para efeito de classificação em áreas urbanas, segundo Neto (*apud* SILVA, 2009), a distinção entre bacias pequenas e médias é imprecisa e subjetiva haja vista a variação natural dos parâmetros que influem no comportamento hidrológico. São consideradas pequenas as bacias com tempo de concentração inferior a uma hora e/ou área de drenagem não superior a 2,5 km<sup>2</sup>. E grandes bacias quando o tempo de concentração for superior a 12 horas ou área de drenagem maior que 1.000 km<sup>2</sup>, considerando-as médias se caracterizadas entre esses parâmetros.

As relações entre a forma que dá a aparência com os agentes que agem sobre o ambiente derivam os processos antropogeomorfológicos. Esses representam a essência dos mecanismos dos quais os fluxos de matéria e energia determinam os impactos socioambientais que alteram a dinâmica dos sistemas naturais (SANTOS FILHO *apud* GUERRA, 2011).

Por outro lado, juntamente com os rios, as bacias constituem as paisagens que compõem os sistemas fluviais, enquanto conjunto de elementos indissociáveis e inter-relacionados com outros elementos a partir de processos de ordem exógena ou endógena, antrópica ou natural. Desse modo, é preciso a gestão contínua e integrada das escalas locais e regionais, levando-se em conta as mudanças no uso do solo e os seus efeitos, por exemplo, nos sistemas bacia/rio, não prescindindo dos aspectos social, técnico e científico (MARÇAL; LIMA, 2016).

Do ponto de vista geomorfológico, importa destacar que o perímetro urbano do Gama (DF) está localizado num relevo de superfície de aplainamento, de nome chapada - tendo solos de permeabilidades variadas -, que constitui parte da cabeceira de drenagem da bacia hidrográfica do rio Alagado. Na dinâmica fluvial, é área onde prevalece a erosão sobre deposição. Por isso, tecnicamente, não deve ser dissociada da área rural, que é formada pelo Núcleo Rural Monjolo, pela Colônia Agrícola Ponte Alta, Córrego Crispim, Núcleo Rural Ponte Alta de Baixo, Ponte Alta Norte, Alagado e Engenho das Lages.

Em pesquisa sobre o uso e cobertura da terra na bacia Alagado/Ponte Alta, Silva (2022) destacou a importância socioambiental dessa unidade hidrográfica, pois o rio Alagado e seus afluentes são tributários do rio Corumbá, cujo lago de mesmo nome é utilizado para geração de energia e o abastecimento de água para o Distrito Federal e região circunvizinha representadas pelos municípios goianos.

É imprescindível considerar a bacia hidrográfica como elemento fundamental na gestão da drenagem urbana. Neste contexto, esta investigação faz uma abordagem integrada entre o uso do solo e a existência de áreas permeáveis como espaços possíveis para implementação de medidas compensatórias em drenagem urbana buscando, além de buscar a funcionalidade natural da bacia, mitigar os impactos decorrentes das transformações urbanas no Gama (DF).

## 2.1.2 Os solos no processo de drenagem

A busca pela reprodução das condições de pré-desenvolvimento da bacia está entre os objetivos da gestão da drenagem previstas no Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal (PDDU-DF) (DISTRITO FEDERAL, 2009) para o controle dos impactos do desenvolvimento urbano no ciclo hidrológico. O plano busca a regulamentação dos usos e ocupação dos solos e dos adensamentos de áreas urbanizadas. Neste contexto, a análise das características pedológicas dos solos permite identificar o potencial de permeabilidade e o mecanismo de infiltração.

O solo é mais do que a camada de terra na cobertura da superfície terrestre. Sua formação é produto do clima, organismos, material de origem, relevo e tempo, sendo que seu ambiente permite conhecer as correlações entre solo, vegetação e ações humanas. Solos que compõem os horizontes A, B e C definidos são considerados solos consolidados. O volume de solo ocupado pela água e pelo ar indica a porosidade, e quanto maior essa tanto mais a permeabilidade (SANO; ALMEIDA; RIBEIRO, 2008).

Para fins desta investigação, a busca pela infiltração das águas pluviais no solo por meio de medidas de controle dos escoamentos é importante identificar a capacidade de infiltração de água no solo. Isso é determinado pelo Coeficiente de Condutividade Hidráulica ou de Permeabilidade ( $k$ ) – medida que é determinada a partir da saturação do solo. É importante ainda verificar o risco de colapsividade ou sulcos nos solos do Distrito Federal, construindo esses dispositivos longe das linhas de ruptura do relevo (DISTRITO FEDERAL, 2019).

Com efeito, as características do solo influenciam a infiltração e a percolação das águas pluviais para as camadas inferiores. A composição físico-química revela a porosidade efetiva dos solos, definida esta como a quantidade de água que um solo pode drenar (CANHOLI, 2005). Sob a perspectiva geomorfológica, a razão entre o volume dos vazios e o volume total do solo é expressa em percentual (NETTO, 1998).

Nesse sentido, Christopherson (2012, p. 252) assim preconiza as condições de permeabilidade e infiltração no solo:

A permeabilidade depende do tamanho, da forma e do arranjo das partículas do solo. Infiltração de água é veloz nos primeiros minutos de precipitação, desacelerando à medida que os estratos superiores do solo ficam saturados, mesmo que os estratos mais profundos estejam secos.

A capacidade de infiltração, o volume de águas que escoam na superfície, sua distribuição temporal, bem como as descargas máximas, são determinadas pelas características de textura, composição e estrutura dos solos, bem como das raízes da cobertura vegetal (BONNEL *et al. apud* NETTO, 1998). Por outro lado, Childs (*apud* NETTO, 1998) acrescenta algumas variáveis no controle da capacidade de infiltração dos solos: características físicas das chuvas, condições de cobertura da superfície ou espécies de solos, umidade antecedente e atividade biogênica dos solos. Em razão das características e cobertura dos solos limitar a infiltração, Horton (*apud* NETTO, 1998) cunhou o termo “percolação” para se referir à dinâmica das águas da zona de aeração até o nível do lençol freático.

A princípio, não há diferenças entre solos situados em áreas urbanas ou áreas rurais, com ou sem atividade agrícola. Do mesmo modo, a apropriação dos espaços para fins urbanos implica em ações humanas como apontam Puskás *et al. (apud* GUERRA, 2011, p. 43): “[...] ser humano realiza obras que descaracterizam completamente o solo, modificando-o de tal forma, que muitas vezes não se conseguem mais reconhecer suas características originais” Em áreas da cidade já consolidadas, as alterações socioambientais materializadas por aterros, retirada de camadas e impermeabilizações que predominam na paisagem urbana, acabam com as propriedades originais dos solos (GUERRA, 2011.). A despeito de não haver uma classificação específica, são denominados tecnosolos, em razão de suas formas não derivarem de processos naturais e estão relacionados a materiais de origem tecnológica (PUSKÁS; FARSANG *apud* GUERRA, 2011).

Após a retirada da vegetação nativa, os solos sofrem as ações humanas diretas engendradas pelo processo de urbanização, desde a retirada da camada superficial até a impermeabilização geral em áreas urbanas. Essas são as práticas socioespaciais que tem consequências ambientais e, em última análise, altera o sistema do ciclo hidrológico. Com efeito, Botelho e Silva (*apud* GUERRA, 2011.) assinala que a impermeabilização dos solos, para edificações ou pavimentação das vias de trânsito alteram a dinâmica hidrológica.

Por outro lado, deve ser considerado a compactação dos solos pelo pisoteio de transeuntes e passagem de veículos nas ruas não pavimentadas. A compactação torna o solo sem nenhuma capacidade para infiltração das águas, de modo que o grau do coeficiente de escoamento superficial torna-se semelhante às de áreas pavimentadas

e/ou edificadas. Consequentemente, afeta a aeração, reduz a infiltração e a quantidade de oxigênio, aumentando a temperatura e tornando inviável a atividade microbiana (GUERRA, 2011).

A gestão da drenagem urbana que leve em conta as diretrizes do modelo compensatório espacialmente difuso não devem prescindir dos processos hidrológicos e do comportamento das águas pluviais. No contexto de expansão urbana, ou de transformações dos usos do solo com incremento do adensamento populacional – seja pelo aumento do coeficiente de ocupação e/ou a verticalização nas cidades – embora autorizados nos planos diretores urbanos, devem potencializar a dinâmica natural dos solos por meio de dispositivos de baixo impacto que incrementem a infiltração.

### **2.1.3 As precipitações**

A água é um agente modelador da superfície terrestre e interage diretamente com os elementos da drenagem. Na atmosfera ocorre na forma de vapor d'água e precipita na forma de chuva quando o nível de condensação das microgotículas não conseguem sustentar-se na mesma massa nuclear (NETTO, 1998). Assim, podemos entender por precipitação o produto da água evaporada ou evapotranspirada que condensam formando as nuvens, constituídas por vapor d'água na atmosfera, e que se precipita na forma de chuva, neve ou granizo (GRIBBIN, 2009).

Netto (1998, p. 100) aponta: “A precipitação é um fator-controle do ciclo hidrológico [...]”, pois regulam as condições geográficas regionais e, portanto, afetam a natureza do planejamento urbano. Estatisticamente, para determinação de chuvas médias por áreas os dados são considerados em intensidade, medidas em milímetros numa unidade de medida em área hipoteticamente impermeável, a frequência, considerado o tempo para a chuva cair, ou o tempo médio para que haja repetição de pelos menos dois eventos intensos de chuva numa determinada bacia de drenagem. A magnitude é considerada a partir da quantidade precipitada associada à duração. As dimensões são representadas por mapas de precipitações (GRIBBIN, 2009).

Do ponto de vista geográfico, as precipitações são derivadas de dinâmicas espaciais regionais ou locais. Porém, os mecanismos tem em comum o resfriamento do ar e a condensação do vapor d'água conforme a altitude, formando as nuvens e

produzindo as chuvas. As chuvas condicionadas por dinâmicas regionais decorrem do choque de massas de ar polares com massas mais quentes e úmidas, configurando-se no chamado avanço das frentes frias, cuja magnitude depende da quantidade e da diferença de temperaturas delas. No verão, os mecanismos regionais são geralmente chuvas intensas e de menor duração, e, no inverno, de menor intensidade e mais duradouras. As chuvas regidas por condicionantes locais ocorrem por conta do movimento convectivo de massa de ar mais quente do que o ambiente circundante e o deslocamento do ar pelas barreiras orográficas (NETTO, 1998).

As precipitações do tipo convectivas recebem especial atenção para cálculos dos projetos de chuva em pequenas bacias na gestão drenagem das águas pluviais em ambiente urbano (HOLTZ *et al.*, 1976). Para o estudo de cheia, o método de projeto dos blocos alternados é utilizado. A distribuição da chuva no tempo e no espaço é baseada nas curvas intensidade-duração-frequência (DISTRITO FEDERAL, 2018a). A precipitação de uma região é medida levando-se em conta a chuva de projeto pelo tempo de retorno. Neste caso, caracteriza uma condição crítica de dimensionamento (TUCCI, 2007), representada pelo risco de sobrecarga no sistema de drenagem pluvial considerado um evento de precipitação extraordinário.

A quantidade precipitada é expressa em milímetros por m<sup>2</sup> totalmente impermeável (unidade de profundidade ou altura de chuva) sendo parâmetro para o conhecimento do regime de chuvas numa área. São utilizados aparelhos específicos, denominados pluviômetros ou pluviógrafos distribuídos espacialmente formando uma rede. Além dos objetivos pretendidos, a precisão da análise espaço-temporal, a intensidade das chuvas depende da densidade espacial da rede pluviométrica, do tamanho da área de interesse e do método estatístico empregado (NETTO, 1998).

Por outro lado, alguns fatores podem influenciar no volume de chuva captado, entre os quais eventos locais de um ano para outro, ou num mesmo ano, de um local para um outro. Christopherson (2012) aponta um exemplo: um vento a 37Km/h pode produzir uma imprecisão de 40%, significando que uma precipitação de 10mm poderia ser medida como 0,6mm.

Desse modo, entre outros elementos naturais e antrópicos, o conhecimento das características do clima, sobretudo do regime de chuvas numa região é fundamental nos estudos hidrológicos e para a gestão da drenagem urbana. Não é por ausência de dados quantitativos, como a distribuição temporal e espacial das chuvas, sua série histórica, mas por desconsiderar outras dimensões espaciais qualitativas que o planejamento

urbano expõe sua racionalidade estimulando o valor de troca em detrimento do valor de uso do espaço urbano.

#### **2.1.4 O escoamento superficial**

O entendimento da dinâmica e da relação direta com o uso do solo é fundamental nas estratégias de gestão da drenagem urbana das águas pluviais. Conhecer a relação entre o escoamento superficial e a duração de um determinado evento chuvoso é útil para compreender o coeficiente de deflúvio. A precipitação efetiva é considerada após o balanço dos processos iniciais e finais que envolvem um evento de chuva (GRIBBIN, 2009).

O escoamento é elemento constituinte do processo hidrológico. É definido por Amaral e Ribeiro (*apud* REIS, 2011) como escoamento superficial concentrado comumente conhecido como enxurradas, provocadas por chuvas intensas e concentradas que escoam de forma intensa com alta energia de transporte. Para o propósito deste estudo não será considerada a alimentação dos cursos d'água via subsolo, conhecido como fluxo de base e/ou associação com áreas onde prevalecem os processos fluviais (REIS, 2011). Interessa o escoamento superficial em áreas urbanas pois representam o maior volume de água que dão origem aos constantes alagamentos (GRIBBIN, 2009) e enxurradas. A compreensão da geração e produção do escoamento é importante para a orientação de obras de engenharia, inclusive para conservação do solo (NETTO, 1998), inclusive para implementar medidas compensatórias em drenagem urbana associadas à regulamentação do uso do solo.

Com efeito, parte do escoamento pluvial é perdido pela infiltração no solo, evaporação e/ou evapotranspiração, por pequenos alagamentos que preenchem as microtopografias e outros obstáculos, evaporando-se em seguida (GRIBBIN, 2009). O escoamento superficial ocorre após a saturação na capacidade de armazenamento das águas de chuvas no solo. O fluxo que escoam é denominado fluxo hortoniano, ocorrendo de forma anastomosada, de profundidade uniforme, e em forma de um lençol d'água (GUERRA; CUNHA, 1998).

É inerente à urbanização as práticas urbanas como a impermeabilização dos solos pela pavimentação das vias e edificações, predominando o escoamento superficial

sobre os processos de infiltração, e afetando diretamente a dinâmica do sistema hidrológico. Os caminhos naturais dos fluxos das águas são alterados. Igualmente são eliminadas as funcionalidades hídricas no sistema, especialmente na formação dos solos, recarga dos aquíferos e do lençol freático (GUERRA, 2011).

As características de uso do solo influenciam diretamente na relação escoamento/infiltração. A declividade tem uma relação inversamente proporcional à infiltração e diretamente proporcional à velocidade do fluxo do escoamento superficial (GUERRA, 2011). O relevo plano potencializa a taxa de infiltração. Quando há excesso de água precipitada ou saturação na capacidade de armazenamento no solo ocorre o escoamento superficial (NETTO, 1998).

Em geral, o fluxo de água que escoar se revela de forma anastomosada ou de profundidade uniforme, em forma de um lençol d'água (GUERRA; CUNHA, 1998). Dependendo do modelo de uso e ocupação do solo, sem considerar as características estruturais dos solos e a declividade do terreno provoca processos erosivos em razão do escoamento superficial e sub-superficial (NETTO, 1998).

Por outro lado, Tucci (2007) diferencia o ponto de descarga no qual o escoamento pluvial produz a inundação, indicando dois processos, isolados ou combinados: as inundações ribeirinhas que ocorrem naturalmente no leito maior dos rios e aquelas devido à urbanização em razão principalmente da impermeabilização do solo.

A definição do pico de cheia causada pelo excesso de escoamento superficial se dá conforme os objetivos da pesquisa. Geralmente, consideram-se cheias mensais ou anuais que correspondem ao pico de descarga máximo ocorrido no decorrer dos meses ou anos, independente se a mesma se propaga como inundação ou não (DESTEFANI *apud* SOARES, 2017).

Uma das técnicas para o entendimento do escoamento é a medida da vazão. Ela é o volume de água escoado em determinado tempo numa seção do curso d'água, e é medida em metros cúbicos ou litros por segundo ( $m^3/s - l/s$ ). A vazão combinada com a precipitação resulta no coeficiente de escoamento, entendido como o escoamento superficial gerado na bacia em relação a chuva, cuja variação depende da magnitude e/ou crescimento urbano na bacia. Outro indicador hidrológico importante é o tempo de concentração, entendido como o tempo em que a água escoar de ponto extremo à seção de saída da bacia de drenagem à jusante. Quanto maior a impermeabilização menor será

o tempo de concentração e, portanto, maior a velocidade do escoamento (TUCCI, 2007).

Neste contexto, no planejamento do uso do solo e para articula-lo à gestão da drenagem urbana eficiente é preciso, entre outros aspectos socioambientais, caracterizar a relação entre a impermeabilização do solo, das características do relevo e o processo de formação das enxurradas para identificar as áreas sujeitas aos alagamentos. Nas linhas de drenagem longitudinais e perpendiculares às áreas onde há susceptibilidade à formação de enxurradas são áreas a serem avaliadas para a implementação de dispositivos de controle dos alagamentos.

Os estudos sobre as bacias hidrográficas, do regime de precipitações, do clima, das características e balanço hídrico dos solos, do comportamento dos escoamentos superficiais e são fundamentais para o conhecimento do ciclo hidrológico no tempo e no espaço. Além disso, é preciso considera-los integrados com outros dados socioeconômicos e não apenas somar as partes, mas compreender a interdependência dinâmica de cada um deles.

## **2.2 IMPLICAÇÕES DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM URBANA E AS COMPETÊNCIAS NO PACTO FEDERATIVO**

Os sistemas fluviais representados pelas bacias hidrográficas são redesenhados pelo que Santos (2006) chama de próteses urbanas – casas, edifícios, infraestruturas urbanas em geral. Essas estruturas alteram a drenagem e provoca danos socioambientais (GUERRA, 2011). Com efeito, as paisagens transformadas pelo processo de urbanização não impedem que as águas pluviais procurem os caminhos próprios e independentes dos desejos dos ocupantes do espaço urbano (BOTELHO, 1998).

Neste contexto, a concentração das atividades socioeconômicas desnaturaliza a natureza. Imprime a escala do urbano modificando os sistemas naturais por meio de novas relações com o ambiente da cidade e entorno, na medida que o espaço urbano é concebido em abstrato e despojado da natureza, materializando uma configuração do ambiente (GUERRA, 2011). Com efeito, além da perda das condições naturais de infiltração nos solos, a impermeabilização e as edificações constituem-se condições artificiais para o aumento exponencial dos escoamentos das águas pluviais e dos picos

de vazão. A drenagem construída na cidade produz novos caminhos para as águas. Este tópico aborda a história da drenagem urbana, os impactos da urbanização na dinâmica das águas pluviais e os aspectos da gestão no pacto federativo.

### **2.2.1 A história da drenagem urbana**

As obras de drenagem associadas ao processo de urbanização são da época da Idade Clássica,<sup>3</sup> quando os mesopotâmios, os fenícios, os gregos e os romanos aperfeiçoaram o sistema implantando estruturas para evacuação das águas pluviais e cloacais (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). A drenagem era empregada em atividades de irrigação, passando pela fase de recuperação de grandes áreas inundadas até o desvio das águas subterrâneas em terrenos destinados a edificações. Em razão da preocupação com as inundações as cidades eram construídas acima das linhas das enchentes dos rios (FERNANDES, 2002).

No Renascimento, generaliza-se a pavimentação das ruas e construção de obras de canais de drenagem por onde escoavam os refugos indesejáveis em direção aos rios e lagos. A falta de manutenção, além dos incômodos dos maus odores, poluía as águas disponíveis para consumo humano. O quadro de insalubridade, agravado pelo aumento das aglomerações urbanas e da precariedade da infraestrutura na Europa levou a concepção de novos paradigmas técnicos pelos engenheiros hidráulicos (FERNANDES, 2002).

Propôs-se a separação das águas destinadas ao consumo doméstico das servidas. Assim, as valas de esgotos a céu aberto foram cobertas ou substituídas por encanamentos subterrâneos de cerâmica cozida (FERNANDES, 2002). Configura-se assim a fase pré-higienista, pois não havia coleta ou tratamento dos esgotos, que eram despejados em fossas ou direcionados na drenagem urbana, ou escoavam pelas ruas, com riscos de doenças e contaminação da água destinada ao abastecimento (TUCCI, 2007).

No início do século XX, sob os preceitos positivistas, alvoreciam as ideias preconizadas pelos sanitaristas. Defendia-se um modelo que proporcionasse a

---

<sup>3</sup> Período da história cultural entre os séculos VIII a.C e V d.C.

evacuação rápida das águas pluviais e servidas, visando afastar o risco de doenças de veiculação hídrica, facilitasse a circulação viária e o desenvolvimento urbano (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Tucci e Mendes (2006) assinalam que a gestão das águas urbanas se resumia ao abastecimento de água potável e o afastamento dos esgotos para longe das cidades. Esta fase ficou conhecida como higienista.

A primeira obra moderna de drenagem urbana sob a abordagem higienista foi construída em 1843, quando da reconstrução da cidade de Hamburgo, na Alemanha (CHOCAT *apud* BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). No século XX, o rápido crescimento das cidades com o aumento da população colapsou esse modelo de gestão das águas pluviais. O potencial poluidor nessa fase comprometia a salubridade e impactava os cursos d'água, resultando no ciclo de contaminação (TUCCI; MENDES, 2006).

Na esteira dos movimentos ambientalistas, nos países desenvolvidos, a partir de 1966, os técnicos começaram a mudar o foco da gestão da drenagem urbana. Nos Estados Unidos da América (EUA), no início dos anos 1970, aprovou-se a *Clean Water Act* (Lei de Água Limpa), que determinava o tratamento dos efluentes com a melhor tecnologia para recuperação e conservação dos rios (TUCCI, 2007). Começamos essa abordagem da fase corretiva das águas urbanas. Tucci e Mendes (2006) assinalam que esta fase corretiva revisou os procedimentos com o tratamento do esgoto doméstico e o controle das inundações urbanas com as detenções visando o amortecimento das vazões.

Entretanto, observou que, apesar de tais ações melhorarem o ambiente urbano, havia afluentes indesejáveis nas águas pluviais, como esgotos e resíduos sólidos. O combate aos danos ambientais decorrentes da poluição difusa no sistema deveria ser mediante um sistema de coleta adequado. Neste contexto, percebeu-se que medidas preventivas poderiam ser eficientes (TUCCI; MENDES, 2006).

Ao iniciar a análise sustentável das águas pluviais urbanas (TUCCI, 2007). Enfrentar o problema de forma preventiva, na origem da expansão urbana e no manejo dos efluentes, era necessário. A solução sustentável requer a gestão integrada da infraestrutura urbana, a começar pelo disciplinamento da ocupação dos espaços, procurando a promoção da preservação das funções naturais do ambiente (TUCCI; MENDES, 2006). O quadro 2.1, a seguir, apresenta as fases de desenvolvimento da gestão das águas pluviais urbanas.

Quadro 2.1 – Fases da gestão das águas pluviais urbanas.

Fase	Características
Pré-higienista (até o início do século XX)	Esgoto em fossas ou na drenagem; sem coleta ou tratamento de água da fonte mais próxima, poço ou rio; e Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
Higienista (antes de 1970)	Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização dos escoamentos; e Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações.
Corretiva (Entre as décadas de 1970 e 1990)	Tratamento do esgoto doméstico e industrial, amortecimento do escoamento; e Recuperação dos rios, restando a poluição difusa, obras hidráulicas e impactos ambientais.
Desenvolvimento Sustentável (após a década de 1990)	Visão conservacionista; Redução das inundações; e Qualidade de vida.

Fonte: adaptado de Tucci (2007).

No Brasil, os primeiros canais de drenagem foram construídos após a epidemia de cólera de 1855, no Rio de Janeiro. Implementou-se o sistema unitário para o esgotamento sanitário e coleta dos efluentes pluviais (SANTOS NETO; BARROS *apud* MARQUES, 2006). Nos primeiros anos do século XX, o serviço passou a ser separado com a adoção do sistema separador absoluto. O sanitarista Saturnino de Brito consolidou a ideia de evacuação rápida, sustentando a separação da drenagem pluvial da rede de esgoto sanitário (TSUTYA; BUENO *apud* MARQUES, 2006).

Neste contexto, institucionalizou-se a abordagem segundo a qual as águas das chuvas devem ser recolhidas a partir de um conjunto de infraestruturas, dando-lhes uma destinação para fora das cidades. Acrescenta-se que esse modelo transfere o problema de um ponto a outro da cidade. São sistemas de drenagem urbana focados no modelo tradicional, hidráulico e higienista (SOUZA, 2013).

Esse modelo baseado no aspecto quantitativo e higienista da drenagem urbana tornou-se ultrapassado, tendo sido abandonado nos países desenvolvidos os quais focam em aspectos qualitativo das águas (CANHOLI, 2005). A propósito, é a constatação sobre a ineficiência da abordagem tradicional:

[...] em um quadro de urbanização crescente, constata-se a obsolescência gradual e inexorável dos sistemas de drenagem implantados segundo a ótica higienista, levando a inundações cada vez mais frequentes em áreas urbanas, com severas implicações sociais, econômicas e políticas decorrentes (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARROUD, 2005, p. 17).

As intervenções técnicas tradicionais têm se revelado ultrapassadas, pois a abordagem desconsidera a bacia como componente fundamental do sistema de controle. Retira os impactos de um local e os transferem para outro ponto. O transporte dos escoamentos de modo mais rápido para jusante, a partir do aumento da capacidade de escoamento de algumas seções geram um duplo prejuízo, pois a cada intervenção a montante requer mais obras estruturais a jusante (PORTO ALEGRE, 2005).

Neste contexto, convive-se no Brasil com modelos do pré-higienismo a iniciativas técnicas alternativas. Porém, prevalece a técnica mais comum representada pelas canalizações dos escoamentos, visando a condutividade hidráulica. São medidas estruturais tradicionais que consistem em obras de engenharia que modificam os leitos dos rios e objetivam a redução dos riscos de enchentes (TUCCI., 2007), mas pelas razões expostas não evitam os impactos socioambientais, pois não levam em consideração todas as dimensões espaciais no médio e no longo prazos.

### **2.2.2 A urbanização e os impactos na drenagem urbana**

O processo de urbanização é constituído por infraestruturas, edificações e estilos de vida, levando Rodrigues (*apud* GUERRA, 2011, p. 227) a concluir que “o homem é um agente geomorfológico”. O sistema socioeconômico produz e reproduz bens, consumindo a natureza e a cidade metaboliza-os, degradando as condições urbanas. Santos Filho (*apud* GUERRA, 2011, p. 229) assiná-la que “[...] a paisagem urbana está cada vez mais deteriorada e comprometida pela improvisação e falta de parâmetros técnicos para sua ocupação [...]”, acrescentando que a dinâmica da paisagem urbana deve ser monitorada. A figura 2.1, a seguir, apresenta a causa/efeito da relação sociedade/natureza/águas pluviais.

Figura 2.1 – Relação de causa-efeito da urbanização e das águas pluviais



Fonte: adaptado de Tucci (2007).

Os tipos de uso e ocupação do solo estão intrínsecos nesse processo. A ocupação dos espaços pelo sistema socioeconômico age sinergicamente como fator geomorfológico, e as novas morfologias coexistem com as edificações, impactam os sistemas de drenagem sem impedir que o relevo continue sendo esculpido (RODRIGUES *apud* GUERRA, 2011; BERTRAND *apud* GUERRA, 2011), de forma potencialmente acelerada (WOO *et al.* *apud* GUERRA, 2011). Reis (2011) assiná-la que a impermeabilização do solo está entre os condicionantes antrópicos que alteram as características da bacia hidrográfica, produzindo impactos socioambientais resultantes de maiores frequências dos alagamentos e inundações.

Cada pessoa egressa do meio rural torna-se responsável pela transformação de 50 m<sup>2</sup> de área rural em urbana (TUCCI *apud* JUSTINO, 2004), e/ou contribui com o adensamento de áreas já urbanizadas. A eficácia da gestão da drenagem urbana passa pelo sistema de coleta das águas pluviais integrado a medidas compensatórias (LID), auxiliando na eficiência do controle dos alagamentos e poluição dos recursos hídricos. Neste contexto, os impactos da urbanização na drenagem pluvial são avaliados no aspecto quantitativo e qualitativo. A figura 1 acima apresenta a relação de causa-efeito das águas pluviais urbanas.

Na perspectiva quantitativa, Tucci (2003a) relaciona três fatores que influenciam o sistema de drenagem nas cidades, levando à ocorrência de inundações e alagamentos, quais sejam: 1) A ocupação das áreas baixas e dos fundos dos vales; 2) A

impermeabilização sistemática dos solos; e, 3) A canalização dos escoamentos. O balanço hídrico é alterado pois reduz o tempo de concentração das águas, aumenta o escoamento superficial e os picos de vazão, causas de prejuízos sociais, patrimoniais e ambientais (TUCCI, 2007).

A propósito das consequências das transformações dos espaços pelo processo de urbanização, Canholi (2005, p. 274) assinala que:

A análise e o encaminhamento dos problemas de drenagem urbana têm sido um dos maiores desafios dos planejadores e administradores dos grandes centros urbanos do mundo [...] Todo espaço retirado pela urbanização, outrora destinado ao armazenamento natural, propiciado pelas áreas permeáveis, várzeas, e mesmo nos próprios talwegues naturais, é substituído, via de regra, por novas áreas inundadas mais a jusante. Acresce-se a este problema a prática das canalizações, muitas vezes radicais, que aceleram os escoamentos dos rios e córregos [...] e alteraram bastante o comportamento das enchentes, amplificando enormemente os picos de vazão. [...] Dentro desse cenário, surge imprescindível a planificação das ações preventivas, onde possível, e corretivas, nos casos onde o problema já está estabelecido, sempre de maneira integrada e abrangendo toda a bacia hidrográfica.

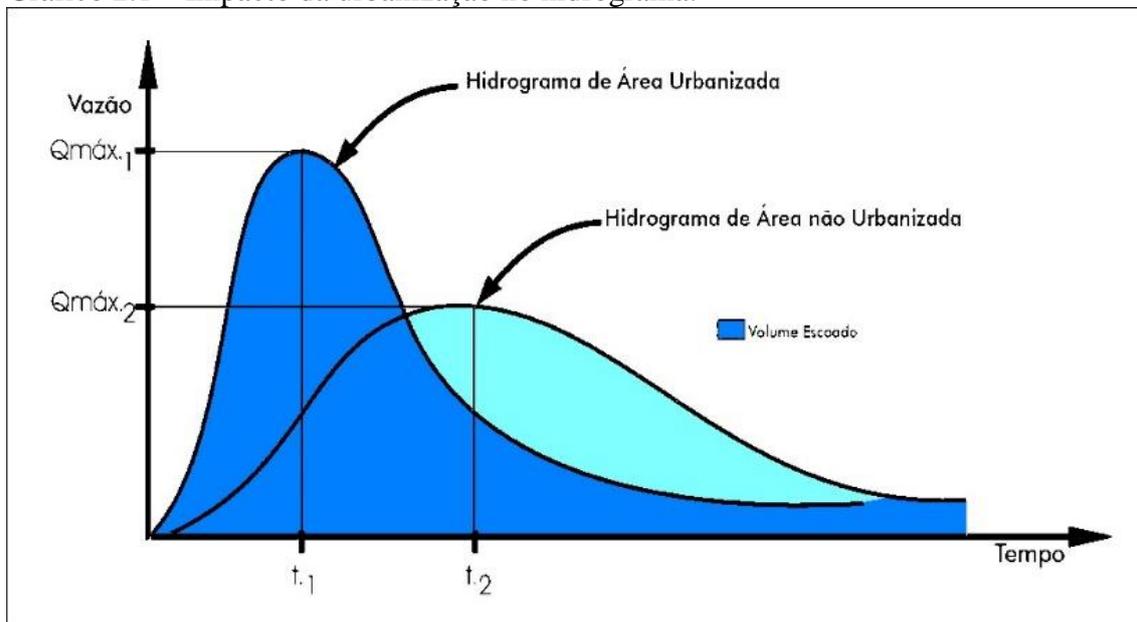
Neste contexto, impactos socioambientais no sistema hidrológico da bacia levam Porto *et al.* (*apud* GUERRA, 2011, p. 73) a afirmarem que “[...] em casos extremos, o pico de cheia numa bacia hidrográfica urbana pode chegar a seis vezes mais do que o pico dessa mesma bacia em condições naturais.” Soma-se as águas servidas, de uso doméstico, comercial ou industrial que prejudicam a qualidade das águas pluviais urbanas (GUERRA, 2011).

Em áreas com alta densidade urbana prevalece edifícios e impermeabilizações do solo. Na dinâmica das águas pluviais prevalece o escoamento superficial sobre os processos de infiltração (GUERRA, 2011). Por outro lado, a forma do relevo e os tipos de solo podem representar fragilidades socioambientais associados à drenagem urbana, pois as águas escoadas buscam seus caminhos artificializados ou não.

A fragilidade aumenta com retirada da cobertura vegetal. A vegetação intercepta parte da precipitação, armazenando água nas copas arbóreas (NETTO, 1998), podendo diminuir o volume do escoamento e o impacto direto no solo. Segundo Guerra e Cunha (1998, p. 161), a cobertura vegetal é um fator controlador do escoamento superficial, de modo que: “A ausência da cobertura vegetal facilita o impacto das gotas de chuva, fazendo com que os agregados se quebrem, crostas sejam formadas na superfície do solo, o que aumenta os efeitos do escoamento superficial”. O gráfico 2.1, a seguir,

representa um hidrograma de área a urbanizada comparando-a com a situação de pré-urbanização.

Gráfico 2.1 – Impacto da urbanização no hidrograma.



Fonte: adaptado de Tucci (2007).

Neste sentido, Guerra (2011, p. 240) observa que:

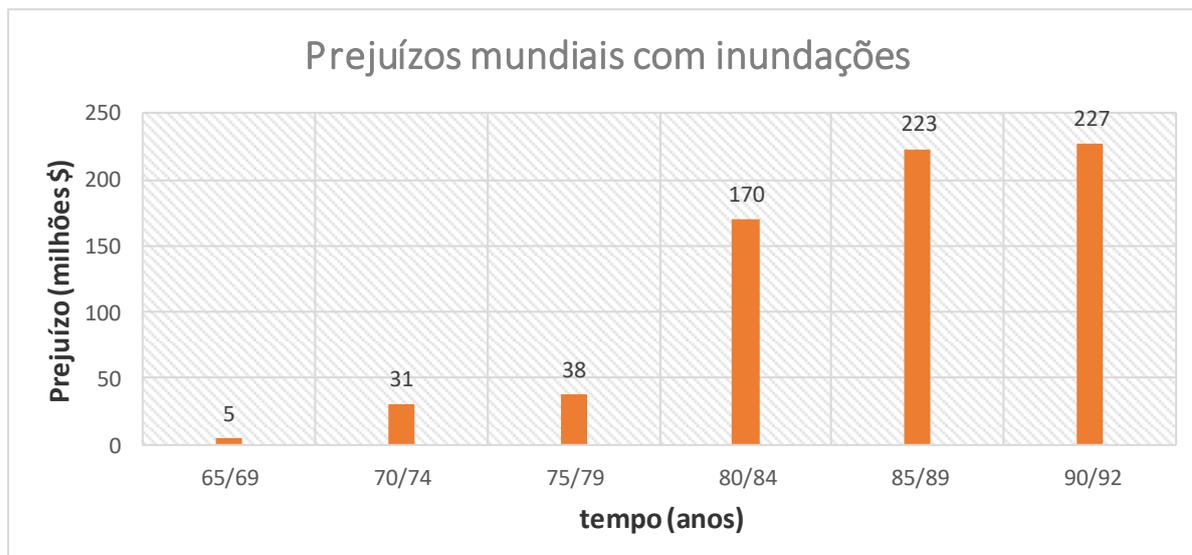
A ação das águas das chuvas estabelece uma dinâmica própria, uma microtopografia que é alterada dramaticamente pela ação do homem que, buscando através das obras e projetos condicionar, conduzir e impedir transtornos ambientais... paradoxalmente produz também prejuízo ambiental à cidade e ao meio.

Isto posto, inundações e os alagamentos são correlacionados ao uso e ocupação do solo no processo de urbanização. Inundações urbanas é o extravasamento das águas dos sistemas de drenagem urbana, e, em geral, dos leitos naturais dos cursos d'água (TUCCI, 2003a). Geralmente ocorrem em áreas com alta taxa de impermeabilização e locais onde se canalizou rios nas cidades. Tucci (2007) aponta que 50% dos desastres naturais no mundo estão relacionados com a água, sendo 20% na América Latina. O gráfico 2.2, a seguir, demonstra a população mundial atingida por inundações e alagamentos.

Os prejuízos são tangíveis, representados por danos físicos, os custos de emergências e financeiros. E intangíveis, não tendo valor de mercado imediato definido, como a perda de vidas, obras e prédios históricos. Com efeito, a limpeza, a perda de

objetos e equipamentos, a evacuação populacional, a interrupção do comércio e da indústria, etc., são impactos socioambientais consideráveis (TUCCI, 2007).

Gráfico 2.2 – População mundial atingida por inundações.



Fonte: adaptado de Baptista, Nascimento e Barraud (2005).

No âmbito da qualidade das águas pluviais na cidade igualmente tem impactos na drenagem. As práticas consumistas, atividades econômicas, circulação de automóveis, etc. são *inputs* que afetam a qualidade das águas pluviais. Por conseguinte, o descarte inadequado de resíduos urbanos e embalagens nas vias e logradouros públicos colapsam as infraestruturas de drenagem, contaminam os cursos d'água receptores e contribuem com a ocorrência de alagamentos em áreas urbanas.

Igualmente, os tipos de usos dos solos interferem na produção dos sedimentos. Os fluxos de energia e matéria alteram os mecanismos de erosão, transporte e deposição impactando o equilíbrio dinâmico dos sistemas fluviais. Nesse sentido, as dinâmicas do funcionamento dos sistemas naturais são subordinadas à cidade, ao urbano, representados pelo sistema socioeconômico, ao pragmatismo humano (DOMINGUES *apud* GUERRA, 2011), primeiro conflito dialético que afasta a integração entre edificação e ambiente (GUERRA, 2011).

Neste contexto, nos períodos chuvosos, parte da carga poluidora é proveniente do escoamento pluvial que lavam as superfícies impermeáveis, levando consigo enorme quantidade de poluentes, ocasionando a poluição difusa de origem pluvial (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Cerca de 95% da carga poluidora presente no escoamento pluvial ocorre na fase inicial da precipitação, nos primeiros 25mm, além

dos resíduos sólidos e dos sedimentos, ou seja, o quanto de poluentes depositados na última chuva que careados (TUCCI, 2007). Esgotos não tratados e resíduos urbanos domiciliares e industriais (GUERRA, 2011), além dos vazamentos dos postos de abastecimento de substâncias derivadas de petróleo (SIMS *apud* GUERRA, 2011), de oficinas mecânicas e /ou veículos em circulação são alguns agentes físico-químicos são carreados pelo escoamento superficial, passam pela drenagem antes de chegar ao canal fluvial principal.

Esses materiais atingem os rios de forma difusa ou pontual. As fontes de poluição difusas estão relacionadas com o sistema de microdrenagem adotado. A fonte pontual atinge diretamente os cursos d'água. A baixa taxa de infiltração em áreas urbanas aumenta o escoamento superficial e a carreiam sedimentos, lixo, esgoto etc. (GUERRA, 2011). A poluição difusa prejudica o funcionamento da infraestrutura de drenagem, pois entope as captações, incrementa os alagamentos e formam ambientes propícios a transmissão de doenças. A eficiência na limpeza urbana e a educação dos cidadãos aspectos que podem melhor a qualidade da drenagem urbana (DELLA GIUSTINA, 2006). Chocat *et al.* (1997) aponta no quadro 2.2, a seguir, a origem e natureza dos poluentes presentes nas águas pluviais.

Quadro 2.2 – Origem e natureza dos poluentes.

<b>Origem</b>	<b>Natureza</b>
Circulação de automóveis	Hidrocarbonetos e erosão de pavimentos; Metais provenientes do desgaste dos pneus e peças; e Óxido de nitrogênio.
Indústria	Resíduos de petróleo; Poluentes orgânicos, líquidos ou gasosos; e Metais, resíduos de petróleo.
Animais	Matéria orgânica dos dejetos; e Vírus e bactérias.
Resíduos sólidos	Matéria orgânica, plásticos, metais e papeis carreados pelo escoamento superficial; e Lixiviação de resíduos e poluentes líquidos.
Erosão dos solos	Matéria em suspensão e sedimentos na microdrenagem.
Vegetação	Matérias carbônicas, nitratos, fosfatos, pesticidas/herbicidas; e Matéria orgânica que entope as captações das águas pluviais.

Fonte: Chocat *Apud* Baptista; Nascimento; Barraud, 2005.

Esses dados devem ser considerados no planejamento e projetos de drenagem urbana nas diversas escalas espaciais e temporais de curto, médio e longo prazos, visando antever os riscos socioambientais. A qualidade das águas pluviais urbanas e dos rios no sistema fluvial está diretamente relacionada com o uso do solo e o controle das fontes de poluição (GUERRA, 2011). O manejo das águas pluviais em áreas urbanas

envolve variados aspectos físicos, ambientais e socioeconômicos locais da bacia hidrográfica. Cada variável socioambiental demanda um tipo de abordagem distinta (NETO, [s.d.]).

Segundo Tucci (2007), devem ser considerados: as características locais da bacia onde o projeto será implantado – topografia, espécies de ocupação, grau de urbanização e taxa de impermeabilização e para obtenção dos hietogramas e hidrogramas de projeto, as características hidrológicas – precipitação média, vazão média de cheia, precipitação máxima, tempo de concentração, tempo de pico, distribuição espacial das precipitações; e, ainda, o critério econômico, onde são avaliados o tempo de retorno da obra.

Para aprovação de novas construções, Tucci (2007) observa que dois critérios limites deveriam ser observados para a drenagem em função do comportamento potencial dos escoamentos na macro e na microdrenagem. O primeiro, as vazões máximas de saída dos lotes ou loteamentos não devem ser maiores do que as condições de pré-desenvolvimento, estabelecendo um coeficiente de impermeabilização específico nos lotes. Além disso, os planos do poder público devem regulamentar a aprovação da densificação e de novos loteamentos, estabelecer áreas públicas de amortecimento e para impermeabilização dos passeios e ruas.

Os projetos urbanísticos devem adequar a localização e a posição das edificações. Elas podem acelerar o escoamento superficial, além de interferir na linha de distribuição das águas pluviais, sobretudo porque as construções dos prédios criam microtopografias, causando impactos socioambientais, como ravinamentos e/ou contaminação dos solos, do lençol freático, transporte de sedimentos pelo escoamento superficial etc. (GUERRA, 2011.).

Levando-se em conta a realidade brasileira, com base nos princípios de sustentabilidade econômica e ambiental, Tucci (2017) propõe um modelo institucional, considerando os agentes que atuam na política de drenagem urbana. Para os impactos futuros há o controle via legislação que discipline o uso do solo: manter a condição de vazão igual a de pré-desenvolvimento (correspondem às medidas não-estruturais). Para construções existentes, o controle pode ser feito por mecanismos econômicos: manter-se nas condições ambientais do projeto de drenagem atual. Para cobrança da taxa, pode valer-se de mecanismo que articule esses dois modelos, pois visa o controle para futuro e medidas compensatórias para empreendimentos já construídos, como a cobrança de taxas diferenciadas ou não.

Sob a perspectiva do desenvolvimento urbano sustentável, em vista disso, problematizar a relação entre o urbano, as águas pluviais e a bacia hidrográfica se inserem nos desafios que demandam a mudança de concepção do espaço percebido, induzindo novas práticas no espaço vivido. Desse modo, a conscientização da população acerca dos problemas ambientais conduz a crescente valorização dos processos que envolvem a água como elemento da paisagem urbana e a preocupação com a melhoria de sua qualidade ambiental urbana, tornando complexa a questão da drenagem urbana (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARROUD, 2005).

### **2.2.3 A gestão e o financiamento da drenagem urbana no pacto federativo**

A competência político-administrativa em matéria de drenagem urbana das águas pluviais é distribuída entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios. A Constituição Federal (CF) de 1988 estabelece a competência da União para elaboração e execução de planos nacionais e regionais de ordenação do território, planejar e promover a defesa permanente contra calamidades públicas, como as inundações (BRASIL, 1988).

Os programas e as ações de drenagem urbana estão consubstanciados no contexto do saneamento básico e dos planejamentos nacional, regional e local. A União e os Estados coordenam e os municípios executam as ações dos programas. A Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) considera a drenagem das águas pluviais no contexto do saneamento básico (BRASIL, 2007b).

A PNSB estabelece as diretrizes nacionais para orientar as ações de saneamento básico. A lei considera a disponibilização dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais adequados à saúde pública, à segurança da vida e do patrimônio público e privado como princípios fundamentais. O saneamento básico define a drenagem urbana como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

[...] drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2007b).

O financiamento da drenagem urbana depende de modelos de financiamento dos custos de melhorias e manutenção, respectivamente, modelos difusos e de serviços prestados para beneficiar os proprietários de imóveis sem identificação individual. O custeio será por impostos. Caso possa ser individualizado, institui-se uma taxa de serviços pelas águas pluviais (TUCCI, 2017; JUSTEN FILHO *apud* TUCCI, 2017).

A Carta Magna autoriza os entes federados a instituir taxas pela utilização efetiva ou potencial de serviços públicos específicos e divisíveis (BRASIL, 1988). Por isso, a Lei de Saneamento – Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 –, em seu art. 36, trouxe a previsão de cobrança de taxa pelos serviços de drenagem urbana, *in verbis*:

Art. 36. A cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva [...] (BRASIL, 2007b).

A figura 2.2, a seguir, apresenta repartição das atribuições de competência entre os entes federativos da União. Tucci (2017) assinala que o modelo difuso de financiamento é fator limitante para gestão de serviços de drenagem urbana, pois além de concorrer com outras demandas derivadas de políticas públicas, conta com a falta de percepção sobre o assunto e incapacidade político-administrativa de adotar alternativas. Em vez de investir na prevenção, o poder público adota ações somente corretivas quando ocorrem os problemas.

Figura 2.2 – Competências na gestão da drenagem urbana no Brasil.

<b>União</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Legislação</li> <li>• Coordenação</li> <li>• Apoio técnico</li> <li>• Financiamento</li> </ul>
<b>Estados/DF</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Legislação Suplementar</li> <li>• Apoio técnico</li> </ul>
<b>DF e Municípios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Legislação tributária</li> <li>• Lei de uso do solo</li> <li>• Execução de obras</li> </ul>

Fonte: adaptado de Brasil (1988).

Por outro lado, o modelo de cobrança de taxa por serviço e melhoria na drenagem urbana torna a gestão mais alinhada com o princípio da responsabilidade compartilhada. Com efeito, aquele usuário que torna mais impermeável uma área interfere mais na dinâmica hidrológica do que aquele que procura manter sua propriedade com baixa impermeabilização e promove a infiltração. O primeiro deve pagar maior taxa pois demandará do poder público um sistema mais caro, além de aumentar o coeficiente de escoamento superficial. Daí a razão para cobrança da taxa de serviços de drenagem para ressarcimento das obras de melhoria (TUCCI, 2017).

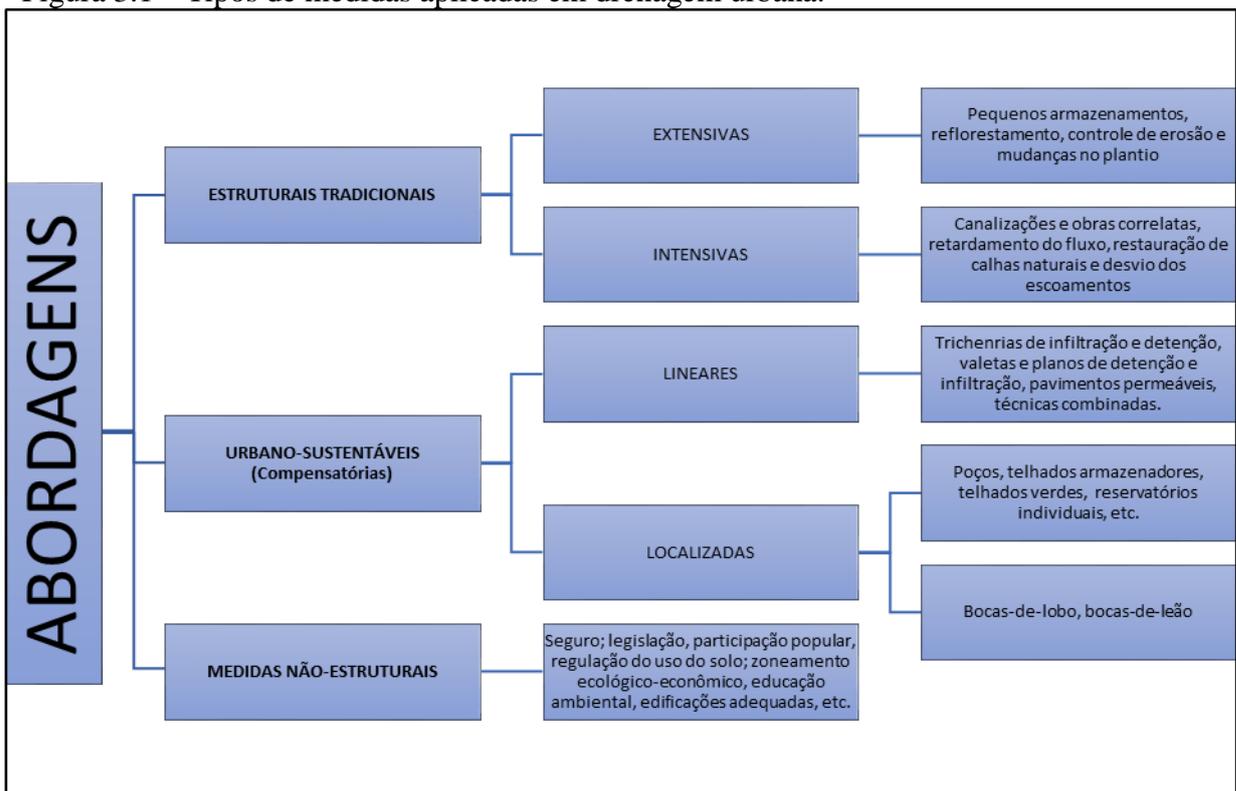
A propósito, Canholi (2005) assinala que, de modo geral, o gerenciamento da drenagem das águas pluviais nas cidades brasileiras (e até no mundo) é realizado pelas respectivas prefeituras municipais. Entretanto, adverte que não há uma visão global de drenagem urbana, que se integre ao gerenciamento urbano. Isto tem implicações na escala de outras políticas públicas como a dos recursos hídricos, que estabelece a bacia hidrográfica como unidade central de planejamento, mesmo não se limitando ao território municipal. Políticas inter-relacionadas não devem tratar o fenômeno de forma segmentada, sem inserir o espaço nos planejamentos, pois, os aspectos socioespaciais compõem-se uma totalidade espacial indissociável (SANTOS *apud* STEIMBERG, 2006).

Neste contexto, o planejamento deve ser inter-relacionado com os demais planos de desenvolvimento urbano. O *Manual de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do Distrito Federal* (DISTRITO FEDERAL, 2018b) propõe algumas etapas do planejamento: a caracterização da bacia, com seus elementos físicos e sociais, a drenagem natural e a construída e os dados hidrológicos; a definição dos cenários, segundo o plano diretor da cidade; a determinação da precipitação de projeto e respectivo risco, quanto aos eventuais prejuízos humanos e materiais; simulação de cenários com modelos hidrológicos e seleção das alternativas; avaliação econômica e da qualidade das águas; por fim, a seleção de alternativas estudadas, em face dos condicionantes ambientais, sociais e econômicas.

### 3 AS ABORDAGENS NA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA

Em gestão da drenagem urbana, as abordagens podem ser contextualizadas conforme as fases históricas do desenvolvimento técnico-institucional na busca de soluções para o enfrentamento das implicações socioambientais decorrentes da relação urbanização com processos hidrológicos. A figura 3.1, a seguir, esquematiza os tipos de técnicas adotadas para o manejo das águas pluviais em áreas urbanas.

Figura 3.1 – Tipos de medidas aplicadas em drenagem urbana.



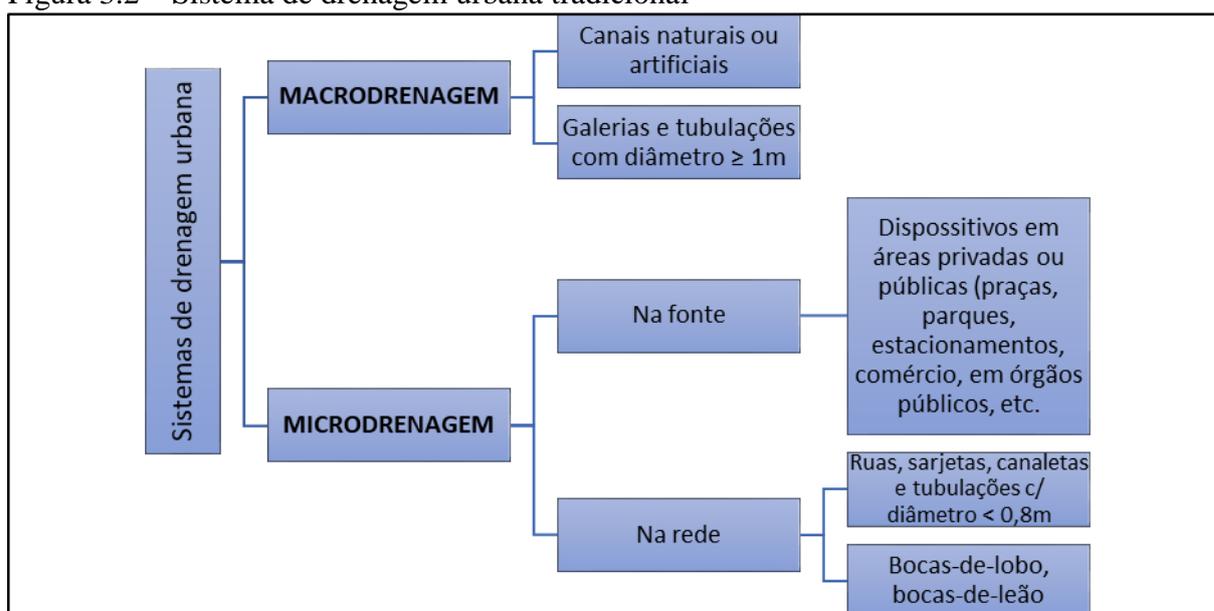
Fonte: adaptado de Baptista, Nascimento e Barraud (2005), Simons (*apud* TUCCI, 2007) e Tucci (2007).

Assim, percebe-se que não bastam a aplicação de técnicas localizadas e do ponto de vista quantitativo. A percepção atual é de que é preciso integrar nas ações e nos programas do poder público igualmente medidas qualitativas e com horizontes de longo prazo na gestão da drenagem urbana. Não é a ausência de condições materiais, mas o emprego de medidas compensatórias no manejo das águas pluviais é questão de prioridades.

### 3.1 OS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Drenagem urbana é a denominação utilizada para designar o escoamento das águas pluviais nas cidades na superfície ou por meio das infraestruturas construídas. Tucci (2007) define os sistemas de drenagem construídos segundo a metodologia de estimativa das vazões na fonte, microdrenagem e macrodrenagem. Tratar-se de abordagens tradicionais. A figura 3.2, a seguir, apresenta um esquema sobre os sistemas de drenagem aplicados em bacias urbanas.

Figura 3.2 – Sistema de drenagem urbana tradicional



Fonte: adaptado de Botelho (1998), Distrito Federal (2018a, 2018b) e Justino (2004).

Tucci (2012) assinala que os serviços públicos de drenagem urbana têm dois papéis basilares: controlar os impactos futuros e a gestão dos planos diretores de drenagem urbana. A primeira, introduzida por mecanismos legais de controle e incentivo a promoção da sustentabilidade do sistema. A segunda disciplina procedimentos para viabilizar a legislação para o manejo das águas pluviais nas cidades.

A busca da reprodução do processo hidrológico da pré-ocupação da bacia segundo Tucci (2017, p. 29) agrupam-se nas seguintes metas: “[...] manter a recarga para garantir a vazão de base e a sustentabilidade dos aquíferos; minimizar o impacto na qualidade da água; reduzir a erosão e a produção de sólidos; e evitar as inundações.” O armazenamento e a infiltração são medidas de controle associadas à regulação. Existem

incentivos públicos para implantação de dispositivos de infiltração para evitar a conexão direta com as áreas impermeáveis e com a microdrenagem (TUCCI, 2017).

### **3.1.1 A macrodrenagem e a microdrenagem**

O sistema de macrodrenagem é aquele que ocorre no fundo do vale (CARDOSO NETO, [s.d.]). Conforme o Manual de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2018b, p. 88), o sistema de macrodrenagem “[...] é formado por canais (abertos ou fechados), galerias e tubulações com diâmetro mínimo de 1,0 m, que recebem a vazão de um conjunto de redes da microdrenagem”. O manual de drenagem urbana do município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, considera a macrodrenagem as bacias com áreas superiores a 2km<sup>2</sup>, envolvendo o escoamento tanto de áreas urbanizadas quanto das áreas rurais (PORTO ALEGRE, 2005).

As estruturas que compõem a macrodrenagem são formadas por galerias tubulares com diâmetro igual ou superior a 1,20m e galerias celulares nas quais a área da seção transversal seja igual ou superior a 1m<sup>3</sup>.

Nesse sentido, Frendrich (*apud* JUSTINO, 2004, p. 21) assinala que:

O sistema de macrodrenagem é constituído pelos cursos d'águas naturais ou artificiais, para os quais afluem os sistemas de galerias pluviais (microdrenagem). Independentemente da execução das obras específicas de drenagem e da localização da área urbana, a rede física da macrodrenagem sempre existe, uma vez que esta é o escoadouro natural das águas pluviais. O sistema de macrodrenagem também coleta as águas provenientes de regiões em que não há o sistema de microdrenagem.

A macrodrenagem compõe-se dos seguintes elementos: canais naturais ou artificiais, galerias de grande porte, estruturas artificiais, obras de proteção contra erosão, outros componentes como as vias marginais, faixa de servidão, dispositivos de armazenamento a fim de reduzir ou retardar o deflúvio direto em uma determinada seção de escoamento (JUSTINO, 2004).

Na escala temporal, as vazões são projetadas para período de retorno de 25 a 100 anos. Em relação à abrangência espacial e a amplitude, os projetos integram as

drenagens oriundas da fonte e as microdrenagens em eixos maiores de escoamentos das águas pluviais das cidades (DISTRITO FEDERAL, 2009).

O sistema de microdrenagem, conforme o Manual de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2018b, p. 87), é “composto tipicamente pelos dispositivos que drenam o sistema viário, como: sarjetas, canaletas, captações (bocas de lobo/leão), condutos de ligação e tubulações com diâmetro máximo de 0,8 m”.

Tucci (2007, p. 353) conceitua a microdrenagem urbana como um “sistema de condutos pluviais no loteamento ou na rede primária urbana...projetado para atender à drenagem de precipitações com risco moderado”. A infraestrutura urbana básica para a captação das águas pluviais, para transportá-las até o sistema de macrodrenagem é denominado sistema de microdrenagem (NETO, [s.d.]). Abrangem espacialmente os projetos viários e para os escoamentos pertencentes a projetos individualizados de áreas pequenas (DISTRITO FEDERAL, 2020).

Botelho (1998) descreve os componentes da microdrenagem pelo critério funcional. Para o transporte são as ruas, guias e sarjetas até a captação pelas bocas-de-lobo; as tubulações e galerias para o transporte fechado até a macrodrenagem; e para manutenção e operação os poços de visita. Há ainda as estações de bombeamento, os sarjetões e as caixas com grelhas.

### **3.1.2 O controle da drenagem na fonte**

O sistema de controle na fonte constitui-se de dispositivos instalados e integrados às edificações em lotes privados ou espaços públicos de uso comum do povo, como as praças e quadras poliesportivas. Visam o amortecimento das vazões e o incremento da infiltração da água no solo, sendo instalados junto à origem do escoamento superficial, sobretudo próximos às cabeceiras das bacias hidrográficas (DISTRITO FEDERAL, 2018b).

O PDDU-DF define a drenagem na fonte como o “escoamento que ocorre no lote, condomínio ou empreendimento individualizado (como lote), estacionamentos, área comercial, parques e passeios” (DISTRITO FEDERAL, 2009, p. 15). Em relação

ao alcance espacial e a amplitude, os projetos são de empreendimentos individuais e de abrangência de áreas limitadas (DISTRITO FEDERAL, 2009).

No nível de lote ou em novos loteamentos as normas visam a gestão integrada das infraestruturas urbanas buscando a sustentabilidade socioambiental. É o modelo de desenvolvimento urbano de baixo impacto (LID) com a preservação dos serviços ambientais do sistema, como a infiltração, a evapotranspiração e a rede natural de escoamentos (TUCCI, 2012).

A escolha do tipo de controle na fonte ocorre conforme o processo de amortecimento do escoamento superficial, podendo ser por estruturas de infiltração ou de armazenamento temporário, ou também uma estrutura com as duas funções. Na forma, podem ser lineares, sendo alongadas e com dimensões longitudinais, ou pontuais, que ocupam espaços delimitados, contendo dimensões semelhantes e formatos variados – circular, retangular, trapezoidal ou figuras geométricas irregulares (DISTRITO FEDERAL, 2018b).

Os dispositivos de controle na fonte podem ser aplicados em espaços públicos ou privados. Além da funcionalidade específica – promovendo a infiltração da água no solo próximo da fonte – igualmente harmonizam as estruturas de concreto com a dimensão bucólica das paisagens humanizadas. Além disso, quando exigida sua implantação nos planos de uso e ocupação dos solos, atribui aos habitantes das cidades parcela das responsabilidades perante as interferências antrópicas nos processos hidrológicos. A importância disso vai além da simples soma dos dispositivos pois eles se interagem conjuntamente potencializando os efeitos concebidos.

### **3.2 MEDIDAS ESTRUTURAIS: ABORDAGENS TRADICIONAIS**

O sistema tradicional de drenagem representa o principal modelo para o controle do escoamento superficial em áreas urbanas. Na escala de curto prazo, fundamenta-se no aumento da condutividade hidráulica para escoamento das águas pluviais o mais rápido possível (SOUZA, 2013). Essas medidas consistem em obras de engenharia que modificam o leito dos rios, objetivam a redução dos riscos de enchentes, podendo ser classificadas em medidas estruturais extensivas ou intensivas (TUCCI, 2007). Extensiva em toda a bacia e intensiva na infra-estrutura de drenagem. Canholi (2005) aponta que

as medidas estruturais visam, primordialmente, o controle ou a mitigação dos danos causados pelas inundações, atuando de forma corretiva ou preventiva.

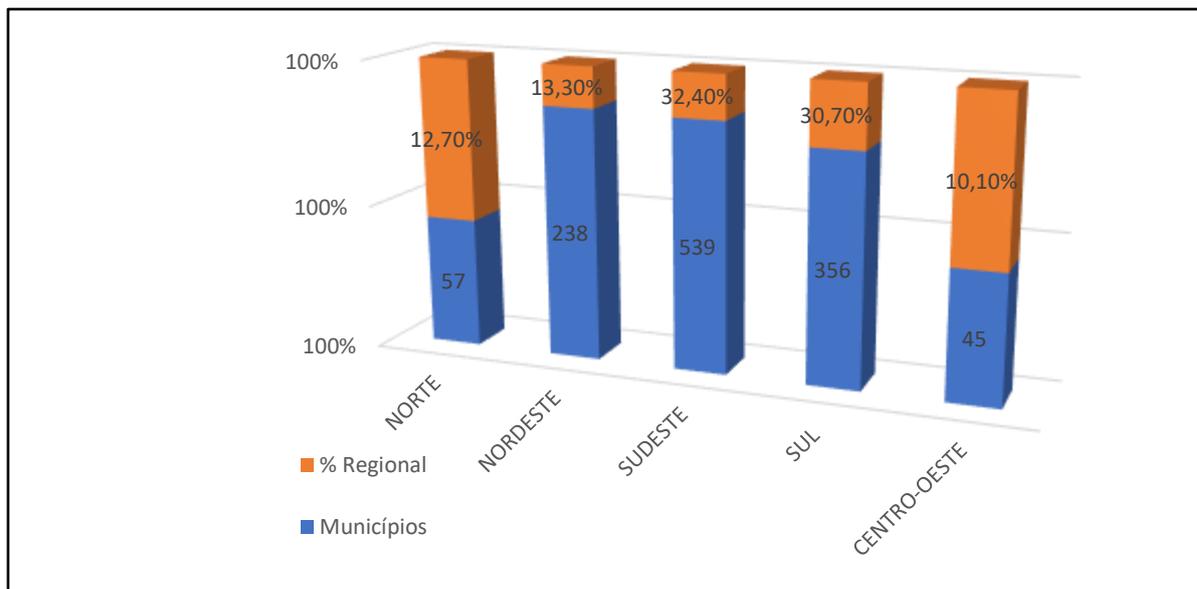
As medidas estruturais extensivas dizem respeito à implementação dos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, à promoção do reflorestamento da bacia de drenagem, controle das áreas sujeitas aos processos erosivos (CANHOLI, 2005), além da conservação do solo e mudanças no plantio (TUCCI, 2007). As medidas intensivas são de quatro tipos: canalização e obras correlatas, de retardamento do fluxo via bacias de detenção/retenção, restauração de calhas naturais, de desvio do escoamento – túneis de derivação e canais de desvio –, e que introduzem ações individuais para proteger as edificações de enchentes (CANHOLI, 2005).

Em larga medida adotadas no Brasil, as medidas estruturais sob o paradigma tradicional corretivo estão relacionadas com a técnica de canalização para transferência dos escoamentos, visando o controle das inundações (SOUZA, 2013). Com efeito, realizam-se obras com a utilização dos dispositivos convencionais da microdrenagem e da macrodrenagem.

Essa abordagem técnica tradicional tem se revelado ultrapassada, pois são concebidas segundo a perspectiva equivocada na qual a drenagem boa é a que retira as águas pluviais excedentes o mais rápido possível de seu local de origem e transfere para jusante. Essa abordagem desconsidera a bacia como componente fundamental do sistema de controle inerentes ao ciclo hidrológico e ao ciclo socioeconômico (TUCCI, 2007).

Esse modelo gera um duplo prejuízo, pois a cada intervenção a montante requer mais obras estruturais a jusante (PORTO ALEGRE, 2005). As medidas estruturais criam a sensação de segurança, e podem induzir a ampliação da ocupação das áreas inundáveis (TUCCI *apud* CANHOLI, 2005), de modo que somente se justifica a adoção das medidas estruturais quando sua implementação for economicamente viável ou socialmente necessária (TUCCI, 2007).

Gráfico 3.1 – Municípios com problemas na drenagem (regionalizado).

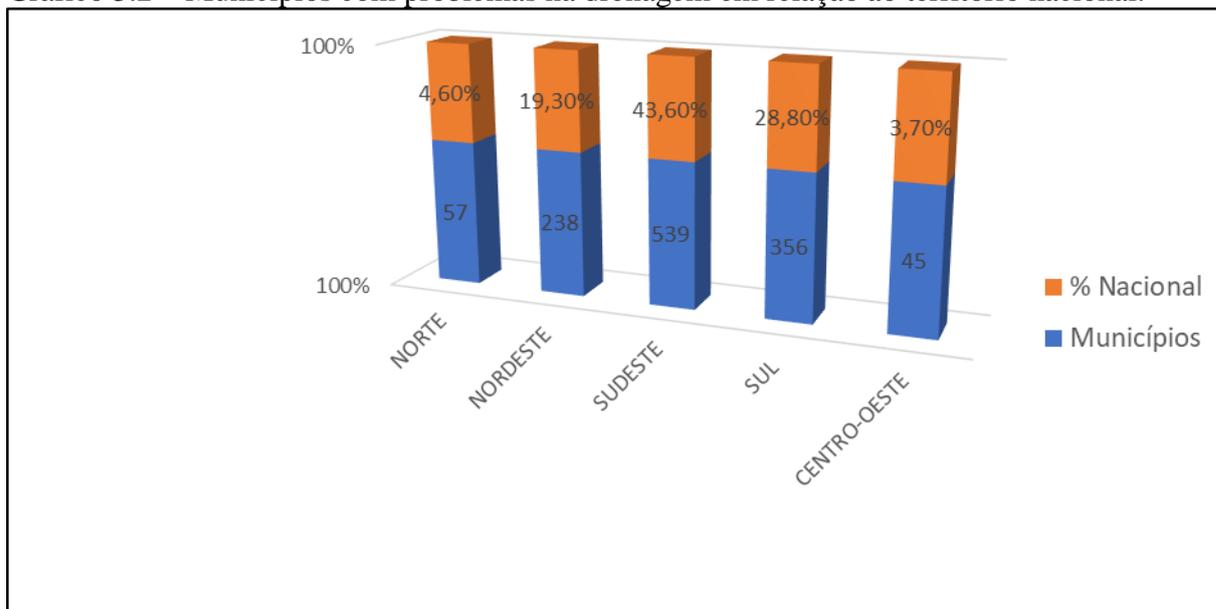


Fonte: adaptado de Botelho (*apud* GUERRA, 2011).

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, apresentada por Botelho (*apud* GUERRA, 2011), revela que 1.235 municípios no Brasil apresentam serviços de drenagem urbana tradicionais <sup>4</sup>que não impediram problemas com enchentes e inundações, com destaque para a Região Sudeste. Os gráficos 3.1 e 3.2 apontam o percentual dos municípios que apresentaram problemas nos sistemas tradicionais de drenagem urbana em relação ao espaço nacional e ao regional, respectivamente.

<sup>4</sup> Entendida como a drenagem pautada em infraestruturas que buscam sobretudo a condutividade hidráulica

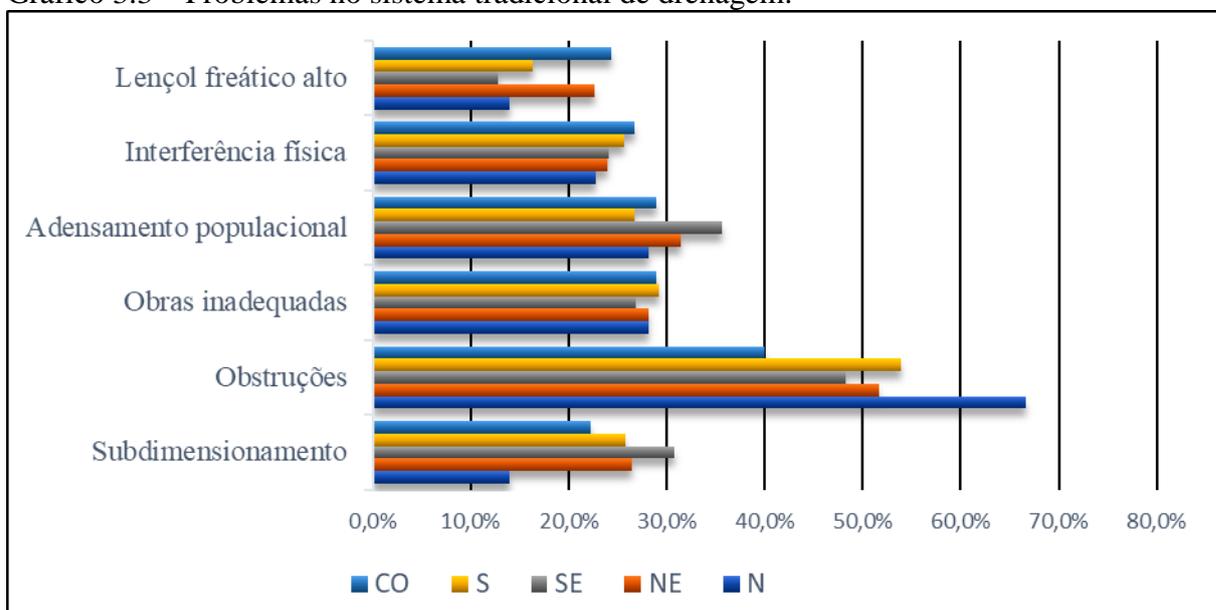
Gráfico 3.2 – Municípios com problemas na drenagem em relação ao território nacional.



Fonte: adaptado de Botelho (*apud* GUERRA, 2011).

Um dado que indica que a abordagem tradicional como solução única tornou-se insuficiente e ultrapassada é o fato de que a manutenção periódica dos sistemas realizada pela maioria dos municípios não minimiza os impactos socioambientais. Mesmo as áreas com relevo plano a abordagem não pode prescindir de outros condicionantes socioambientais. O gráfico 3.3, a seguir, evidencia que o entupimento das bocas de lobo tem maior recorrência, agravando os episódios de inundações.

Gráfico 3.3 – Problemas no sistema tradicional de drenagem.

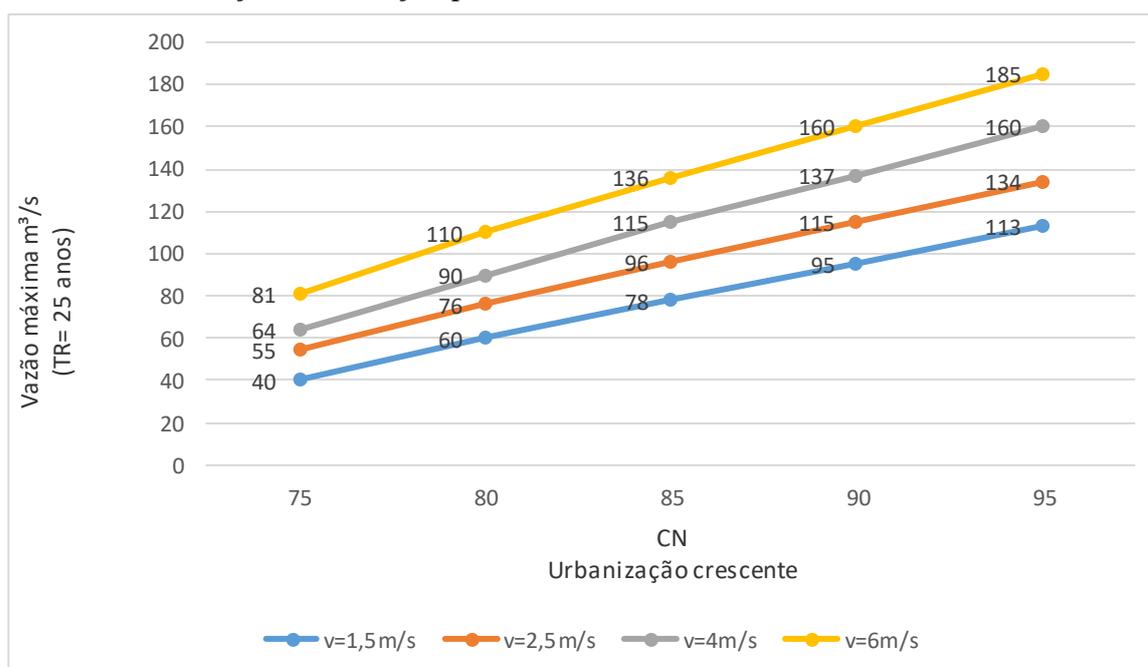


Fonte: adaptado de Botelho (*apud* GUERRA, 2011).

Nos municípios pesquisados os dados indicaram: problemas de erosão, assoreamento e estrangulamento das redes de drenagem. De cada dez municípios sete apresenta mais de 60% das ruas pavimentadas (BOTELHO *apud* GUERRA, 2011).

Em seu estudo, Canholi (2005) constatou, a partir de estudos analisados, que as canalizações convencionais dos sistemas de drenagens podem ser mais responsáveis diretamente pela amplificação das inundações que a impermeabilização pelo processo urbano. A partir do gráfico 3.4, a seguir, tem-se a comparação dos deflúvios pela urbanização em relação aos sistemas de drenagem:

Gráfico 3.4 – Relação urbanização-picos de vazão.



Fonte: adaptado de Leopold (*apud* CANHOLI, 2005) e Tucci (2007).

Verifica-se para a área 80% impermeabilizada, considerando de 0% a 80% de implantação de sistemas de drenagem, as vazões drenadas sofrem um aumento de 150%.

Por outro lado, os custos com infraestrutura de drenagem urbana têm aumentado cada vez mais (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Entre os gastos com a drenagem e os danos decorrentes das cheias, Maidment (*apud* BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005) relata que os EUA gastaram em 1978 cerca de U\$ 7 bilhões, na Austrália, o custo chegou a U\$ 3 bilhões em 1988 (0,4% do Produto Interno Bruto – PIB). Os custos mundiais elevaram-se em nove anos a 250 bilhões de dólares (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

No Brasil, não há dados precisos sobre os custos, mas estima-se um valor médio anual superior a dois bilhões de dólares de despesas e prejuízos com inundações (BAPTISTA; NASCIMENTO *apud* BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005), revelando a magnitude do problema no já restrito quadro orçamentário brasileiro. Analisando a drenagem da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Cruz e Tucci (*apud* TUCCI, 2012) assinalam que a gestão preventiva é três vezes menor que os gastos com o controle futuro.

Com efeito, o modelo concebido e executado nas abordagens em que prevalecem aspectos quantitativos na drenagem urbana tornou-se ultrapassado, sendo abandonado nos países desenvolvidos no alvorecer dos anos 1970 (TUCCI, 2012). A propósito, como assentado na constatação a seguir:

[...] em um quadro de urbanização crescente, constata-se a obsolescência gradual e inexorável dos sistemas de drenagem implantados segundo a ótica higienista, levando a inundações cada vez mais frequentes em áreas urbanas, com severas implicações sociais, econômicas e políticas decorrentes (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005, p. 20).

Eventualmente, novas concepções de gestão da drenagem urbana ganham relevância nos debates sobre o enfrentamento das inundações e alagamentos, buscando “[...] neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, com benefícios para a qualidade de vida e a preservação ambiental” (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005, p. 23).

Tucci (2007) destaca algumas medidas alternativas: gestão integrada, arborização, priorização de medidas não-estruturais, controle das inundações na fonte por intermédio de técnicas compensatórias, realização do planejamento por sub-bacias urbanas, sem perder de vista o plano da macrodrenagem etc. Em suma, o enfoque da sustentabilidade ambiental ganha espaço na discussão sobre a drenagem urbana, pois traz para o debate a totalidade espacial representada pela bacia hidrográfica, unidade territorial tecnicamente apropriada para a concepção e implementação das políticas públicas espaciais.

### 3.3 MEDIDAS ESTRUTURAIS COMPENSATÓRIAS

A abordagem tradicional – higienista/corretiva – desarticulada com medidas compensatórias e/ou não-estruturais mostrou-se um modelo de drenagem urbana ineficiente. Por isso, novas abordagens ganharam importância nos debates sobre o enfrentamento das inundações e alagamentos. Ganham espaço abordagens sobre a gestão integrada, visando o desenvolvimento de baixo impacto (LID), por intermédio de aplicação de técnicas compensatórias, realizando o planejamento por sub-bacias urbanas, sem perder de vista a bacia hidrográfica (TUCCI, 2012).

Em seus estudos Baptista, Nascimento e Barraud (2005) denominam as medidas sustentáveis como técnicas compensatórias e apontam a existência de três critérios para qualifica-las: baseado na funcionalidade, como as técnicas de infiltração e de retenção. E à luz da posição de implantação da estrutura, para o controle na fonte, associadas a pequenas superfícies de drenagem ou as técnicas lineares junto a sistemas viários. E as de controle centralizado, associadas a áreas de drenagem de porte mais significativo, correspondendo às bacias de detenção e retenção.

Com base no critério das respectivas finalidades, destacam-se: medidas que visam incrementar o processo de infiltração, a redução dos picos de vazão via retenção ou detenção dos escoamentos em reservatórios, a adoção de sistemas de diques, em áreas baixas, e derivação dos escoamentos através dos *by pass* (CANHOLI, 2005), o retardamento dos escoamentos nas calhas dos córregos e rios, com revestimento dos canais e pavimentos rugosos, controle do uso do solo urbano, educação ambiental etc. (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

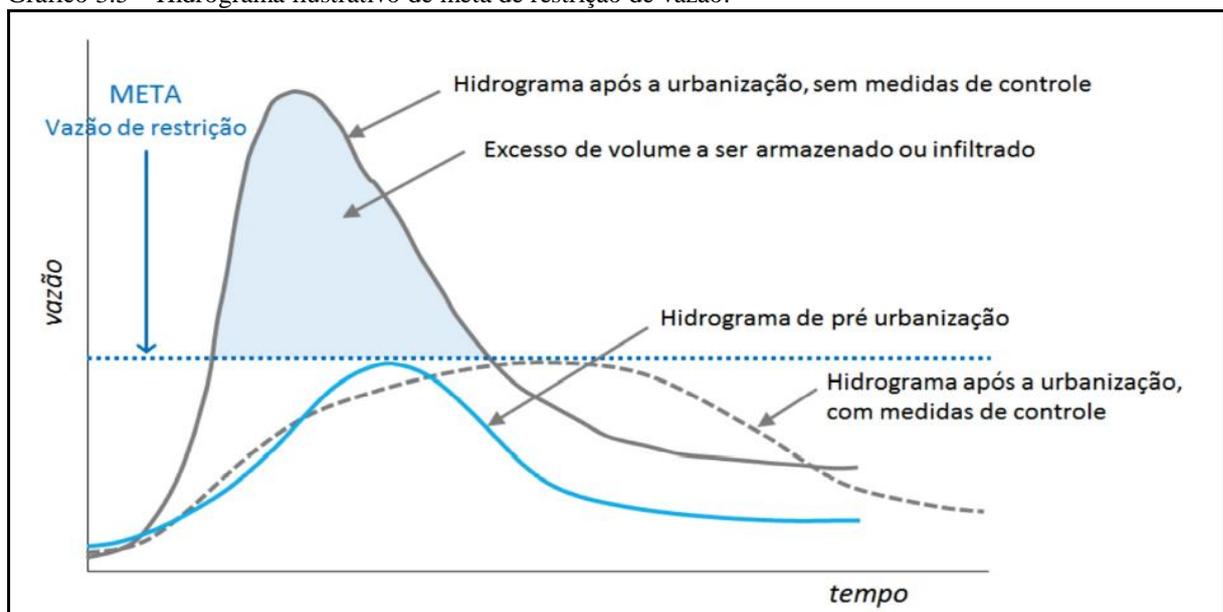
Essas técnicas objetivam controlar os impactos transferidos à jusante produzidos pelo excesso do escoamento pluvial decorrente da impermeabilização (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005), e promovendo a manutenção das funções dos sistemas naturais. BOTELHO (2011, p. 107) aponta medidas para manter as funções naturais das bacias hidrográficas e o equilíbrio do ciclo hidrológico: “[...] centradas na recuperação de áreas para infiltração, no aumento da capacidade de retenção das águas, na captação de água das chuvas e seu aproveitamento ... e na revitalização e renaturalização dos rios urbanos”.

Para o propósito deste estudo, serão analisadas as medidas estruturais que visam o controle da drenagem urbana na fonte, as centralizadas e as não-estruturais com base

no Manual de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2018b) e no manual EPA SWMM 5. 0 (ROSSMAN, 2012), que as abordam como controles por LID. São técnicas combinadas que promovam a retenção, a infiltração e a evapotranspiração, além da conscientização e fiscalização, tendo por objetivo principal reduzir o escoamento superficial incrementado pela impermeabilização do solo. Assinalam-se cinco tipos: bacias de filtração, trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis, cisternas e valos de infiltração sem drenos. No primeiro manual são consideradas medidas de controle na fonte, com acréscimo dos microreservatórios, os telhados reservatórios, as faixas gramadas (DISTRITO FEDERAL, 2018b). Elas são tipicamente implantadas em propriedades privadas, mas também em imóveis públicos, praças, pátios e vias públicas (DISTRITO FEDERAL, 2018b).

Esses dispositivos devem ser integrados aos empreendimentos e são projetados segundo o critério do princípio da invariância hidráulica, segundo o qual o sistema de infraestrutura de drenagem urbana implantado não deve ser sobrecarregado pelo aumento das vazões pluviais decorrentes de novos empreendimentos urbanísticos. O objetivo é a manutenção das condições similares às preexistentes compensando o potencial acréscimo de vazão (DISTRITO FEDERAL, 2018b).

Gráfico 3.5 – Hidrograma ilustrativo de meta de restrição de vazão.



Fonte: adaptado de Tucci (2007).

O gráfico 3.5 destaca no hidrograma o excesso do volume de vazão infiltrado após a urbanização com as medidas de controle e a vazão de restrição, meta a ser

atingida. O excesso do volume é representado em azul, cujos dados são utilizados para dimensionamento hidráulico dos dispositivos implantados para atingir a meta, vazão de restrição, equivalente à vazão máxima do hidrograma de pré-urbanização (DISTRITO FEDERAL, 2018b).

Conforme as recomendações do Manual de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2018b), além das funcionalidades específicas dos dispositivos, outros critérios devem ser observados para implementação, como o urbanismo, o ambiental e o econômico. Na perspectiva urbanística, os dispositivos devem ser implantados considerando a valorização do espaço urbano, tendo tratamento paisagístico harmônico com a área circundante.

Espaços adequados também são condicionantes urbanos para escolha de áreas para construção de dispositivos de controle de alagamentos, levando-se em conta suas medidas geométricas, pontos de concentração de escoamentos aliadas aos cenários futuros de urbanização (DISTRITO FEDERAL, 2018b).

Por outro lado, é importante que a implantação de um projeto que implique impactos sobre o meio urbano deve ter a participação população. Disso depende o sucesso ou não da intervenção urbanística. Nos EUA, parte do processo de um projeto de infraestrutura urbana conta com a participação da população interessada, por meio de reuniões, entrevistas e divulgação. Assim, os projetos levam em conta os dados colhidos, as aspirações da população e são definidos os usos dos espaços afetados (DISTRITO FEDERAL, 2018b). São pautados os objetivos do empreendimento, as alternativas técnicas, custos sociais, impactos socioambientais positivos e/ou negativos envolvidos (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005), que podem ser permanentes ou temporários (DISTRITO FEDERAL, 2018b).

Os aspectos econômicos considerados se baseiam em duas abordagens, a saber: 1) Custo-efetividade; e, 2) Custo-benefício (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Na primeira, o menor custo global nas mesmas condições de risco – tempo de retorno – é considerada a mais adequada. Na segunda, o custo global é considerado juntamente com aspectos monetários. Os benefícios devem ser considerados apesar da intangibilidade. As metodologias utilizadas são a disposição a pagar, ou seja, o quanto o mercado estaria disposto a pagar para evitar as inundações e a quantificação direta dos danos diretos ou indiretos evitados aliada aos benefícios alcançados. O foco são os potenciais prejuízos causados pelas inundações ou alagamentos, considerando os riscos

e os benefícios, dos custos de implantação, operação e manutenção (DISTRITO FEDERAL, 2018b).

Na fonte ou distribuída o controle incide sobre o lote, praças e passeios (TUCCI; BERTONI, 2003). São medidas que se referem ao controle na própria área de desenvolvimento, seja no lote residencial, comercial ou industrial. As principais medidas adotadas são: a detenção de lote através de pequenos reservatórios, para o controle da vazão máxima; o restabelecimento do potencial de infiltração da bacia através do uso de áreas que tem por função receber a água das áreas impermeáveis, além da implantação dos pavimentos permeáveis (TUCCI, 2007).

Os dispositivos e as estruturas segundo Canholi (2005) assinala que são de pequenas dimensões construídos próximos aos locais geradores, cuja principal finalidade é o controle dos escoamentos e o retardamento do fluxo à jusante para o restabelecimento da capacidade de infiltração da bacia.

Medidas estruturais compensatórias, alternativas ou integrativas são expressões sinônimas que buscam a finalidade coerente com o desenvolvimento urbano sustentável na medida em que procura ponderar as dimensões espaciais nos planejamentos. Um bom plano de ordenamento do uso do solo e um bom plano de drenagem urbana devem observar o poder-dever da Administração Pública na implementação dos programas e ações daí derivadas visando materializar uma coerência socioambiental lógica na equação sociedade/natureza.

### **3.3.1 Tipos de medidas compensatórias**

As principais características das medidas de controle na fonte serão analisadas considerando as funcionalidades e as vantagens e desvantagens. Os dispositivos são: bacias de filtração, trincheiras de infiltração, valos de infiltração sem drenos, pavimentos permeáveis, os telhados reservatórios e os microreservatórios. Não serão abordados métodos de dimensionamento por requererem aspectos técnicos específicos. Baptista, Nascimento e Barraud (2005) diferenciam as técnicas compensatórias em técnicas lineares e localizadas. Ambas podem ser implementadas no controle da drenagem urbana associadas ao uso e ocupação do solo em espaços públicos localizados ou privados.

As trincheiras de infiltração e detenção (bacia de percolação) são técnicas compensatórias implantadas ao nível da superfície ou a pequena profundidade, tendo por finalidade o recolhimento das águas pluviais escoadas perpendicularmente ao seu comprimento para incrementar a infiltração e o armazenamento. São consideradas técnicas compensatórias lineares porque normalmente sua área longitudinal é maior que a largura e a profundidade que não ultrapassam um metro (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). São construídas em canteiros centrais, passeios, ao longo do sistema viário, junto a estacionamentos ou em áreas esportivas e verdes em geral (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). A figura 3.3 apresenta um exemplo de trincheira de infiltração.

As trincheiras de infiltração são preenchidas com pedras, seixos ou brita (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). As águas superficiais são coletadas de duas maneiras: diretamente na superfície do dispositivo ou por meio do sistema de microdrenagem que direciona o escoamento para a trincheira de drenagem. A evacuação das águas captadas ocorrem em dois tipos de estruturas, por trincheira por infiltração na qual as águas são infiltradas no solo passando pela base ou paredes, e por meio de trincheira de detenção, cujo desague a jusante é controlado por um dispositivo que visa controlar a vazão (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Em face dessas características, as paredes das trincheiras de detenção devem ser impermeáveis. E naquelas, recomenda-se a adoção de manta geotêxtil para evitar a passagem de finos e a colmatação (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Figura 3.3 – Trincheira de infiltração. Urbana



Fonte: adaptado de Cete (*apud* MARQUES, 2006).

As trincheiras de infiltração promovem benefícios socioambientais em meio urbano. Além de reduzir o volume do escoamento superficial e suas consequências a jusante, possibilitam a infiltração das águas pluviais reproduzindo a função da dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica. Além disso, Baptista, Nascimento e Barraud (2005) apontam outros benefícios como os ganhos financeiros, via diminuição dos custos, paisagísticos, com a valorização do espaço urbano, e ambiental com a recarga do lençol freático e melhoria da qualidade das águas pluviais.

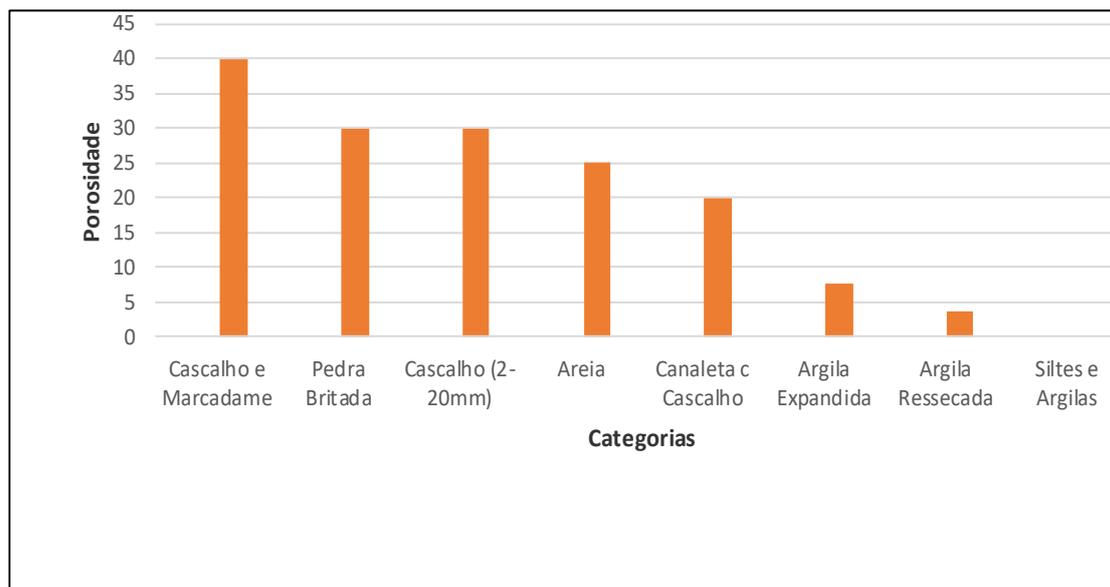
Por sua semelhança com drenos tradicionais, a construção das trincheiras é relativamente viável, mas a viabilidade requer que sejam observados aspectos conforme o tipo de trincheira: no caso de trincheiras de infiltração o solo deve ter condições geotécnicas mínimas recomendadas para evitar danos potenciais, se tiver condutividade hidráulica abaixo de  $10^{-7}$  m/s deve haver outro meio de evacuação das águas, instalação de uma manta geotêxtil, manter uma zona vertical não saturada na subsuperfície de no mínimo um metro para evitar a poluição do lençol freático por contaminantes difusos presentes em ambientes urbanos. Os projetos não devem se localizar em áreas que tenha abrigado atividades poluidoras ou cujas águas não provenham de zonas próximas de fontes poluidoras, zona de infiltração com restrições ambientais regulamentadas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Em relação às trincheiras de detenção, os projetos devem verificar a possibilidade de um exutório (rede, bacia etc.), e o nível mais elevado do lençol freático em caso de problemas com a impermeabilização em caso de subpressão. Admite-se ainda um dispositivo de decantação da água a montante. Em princípio, a declividade e/ou a existência de redes de utilidade pública não impedem a implantação das trincheiras, observadas as cautelas técnicas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Para a adequada implantação de uma trincheira de infiltração é importante frisar os dados sobre a capacidade de absorção dos solos e da área de contribuição, pois são essenciais. Em função do tipo de solo, ensaios *in situ* permitem estabelecer a condutividade hidráulica, a altura da água na trincheira e a taxa de umidade no solo (gráfico 3.6). Igualmente dados hidrogeológicos e hidrológicos também são importantes, como por exemplo a identificação das flutuações sazonais do lençol freático recomendam o tipo de técnica adequada em razão do funcionamento hidrológico e a capacidade de a trincheira reter poluentes. A vazão de saída máxima, a pluviometria, a taxa de impermeabilização da localidade e a qualidade das águas

afluentes também são fundamentais nos projetos (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Gráfico 3.6 – Porosidade dos solos/pavimentos.



Fonte: adaptado de Distrito Federal (2009).

A manutenção das trincheira de infiltração devem ser realizadas periodicamente. Elas são do tipo preventivas e corretivas. As preventivas visam verificar o funcionamento hidráulico do sistema e também reduzir os processos de colmatação. Concentram-se nas obras complementares às trincheiras, como a limpeza dos poços, filtros, órgãos de descarga e áreas verdes adjacentes. As manutenções corretivas ocorrem em caso de poluição acidental ou quando há funcionamento inadequado de algum dispositivo (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). A Figura 3.4 ilustra um dispositivo de infiltração.

As valas, valetas e planos de retenção e infiltração são valas revestidas usualmente com grama, implantadas adjacentes a ruas e estradas, ou junto a áreas de estacionamento, podendo ser combinadas com trincheiras de percolação (CANHOLI, 2005). Esta técnica compensatória colhe as águas pluviais nas depressões escavadas, visando o armazenamento temporário e a infiltração (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). As diferenças entre elas estão nas dimensões. As obras de grande largura, baixa profundidade e declividade no sentido longitudinal ao escoamento constitui-se nas valas e as valetas (BRITO, 2006). Os planos são de dimensões

longitudinais pouco maiores que a seção transversal e de profundidades reduzidas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Figura 3.4 – Dispositivo de infiltração em Escola Pública (CEF 201, Sta. Maria(DF)



Fonte: SILVA, João Sudário (2020)

A classificação como valas, valetas e planos de infiltração ou de retenção depende da maneira como se dá a dispersão das águas pluviais captadas. A redução dos picos de vazões mediante a detenção e/ou infiltração constitui a principal finalidade desses dispositivos. As águas pluviais ingressam no interior dessas valas através das superfícies laterais, armazenando as águas ao ar livre para possibilitar o rearranjo temporal das vazões (BRITO, 2006).

Os poços de infiltração podem ser secos ou úmidos. São dispositivos verticalmente alocado que ocupa pequena área superficial e destina-se a drenar as águas diretamente para o subsolo. Tem a vantagem de ser aplicados em áreas onde a camada superficial do solo é pouco permeável (BRITO, 2006). Além de reduzirem as vazões que vão para a rede de drenagem, os poços contribuem para a alimentação da vegetação lindeira e para recarga do lençol freático (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). A figura 3.5 ilustra um poço de infiltração.

Outro aspecto importante é a pequena demanda por espaços e é concebido para plena integração ao espaço urbano, compondo de forma discreta e harmônica a

paisagem, não sendo perceptível a um olhar desatento. Com efeito, para evitar serem depósitos de rejeitos e mal utilizados recomenda-se a implantação de forma aparente ou em locais de difícil acesso. A captação das águas pluviais pode ser pelo modo difuso, pelo escoamento superficial, ou localizado, a partir de uma rede de drenagem (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Figura 3.5 – Modelo de Poço de infiltração.



Fonte: SILVA, João Sudário (2020)

Quando associado a trincheiras de retenção ou valetas exerce a função de exutório (BRITO, 2006). Nesse caso, Baptista, Nascimento e Barraud (2005) assinalam que os poços são utilizados de maneira complementar a outras estruturas maiores, como bacias de retenção, podendo ser um poço vazio ou contendo materiais porosos. A infiltração no solo ou injeção no lençol subterrâneo são as duas formas de evacuação das águas armazenadas. A injeção é desaconselhada e para redução do risco de contaminação dos aquíferos. Com igual finalidade, deve-se manter uma parte não saturada de cerca de um metro de extensão entre o fundo do dispositivo e o nível mais alto do lençol freático (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

A respeito da viabilidade e outros aspectos para implantação dos poços de infiltração, Baptista, Nascimento e Barraud (2005) fazem uma série de advertências: verificação de áreas com regulamentações sobre as infiltrações, evitar poços construídos

a jusante de zonas agrícolas ou de estocagem de produtos químicos, postos de gasolina etc., consulta a dados hidrogeológicos e pedológicos. Além disso, é importante evitar a proximidade de árvores, a construção em encostas, observar a presença de redes elétricas, telefone ou água no subsolo, avaliar a capacidade de absorção do solo com testes adequados, etc. O dimensionamento é definido em função do tempo de retorno ou até superior a este para avaliar o comportamento da estrutura (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

De modo geral, recomenda-se a implantação de poços quando há escassez de espaço, ou quando se torna inviabilizada a implementação das medidas dispersivas em áreas de urbanização consolidada. Entretanto, o nível do lençol freático deve estar baixo em relação à superfície do terreno, e ainda que tenha camadas de solo arenosas no terreno. Por outro lado, a qualidade da água a ser drenada pode restringir a execução dos poços (CANHOLI, 2005).

Em áreas densamente urbanizadas, a pavimentação asfáltica corresponde a cerca de 30% das áreas impermeáveis, aumentando os deflúvios superficiais e os problemas de inundações nas cidades. Nos países desenvolvidos, esses problemas hidrológicos associados às questões de segurança viária motivaram estudos com pavimentos permeáveis até sua implementação nos anos 1980, nos estacionamentos e vias locais (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). A Figura 3.6 ilustra a aplicação prática dos pavimentos permeáveis.

Com efeito, os pavimentos permeáveis são constituídos normalmente de concreto ou asfalto convencionais, dos quais foram retiradas as partículas mais finas. Uma variação de pavimento poroso pode ser obtida com a implantação de elementos celulares de concreto, também colocados sobre base granular (CANHOLI, 2005).

Figura 3.6 – Pavimento permeável em residencial no Setor Central do Gama (DF)



Fonte: SILVA , João Sudário (2022)

Podem constituir-se com estrutura de reservação. Neste caso, se for permeável, as águas pluviais se infiltram diretamente na superfície em direção a um reservatório. Se impermeável, as águas escoam através de drenos ou bocas de lobo para um reservatório. Em ambos os casos, evacua-se por infiltração ou por um exutório (BRITO, 2006).

Em suas pesquisas, Baptista, Nascimento e Barraud (2005) apresentam três tipos de diferentes de pavimentos permeáveis: com revestimentos superficiais permeáveis, os quais reduzem o escoamento das águas pluviais que infiltram diretamente nas camadas inferiores; com estrutura porosa de retenção, que se subdivide com injeção direta nos pavimentos permeáveis e injeção localizada nos pavimentos impermeáveis; e com estrutura de retenção e de infiltração, igualmente, injeção distribuída ou localizada, conforme a permeabilidade ou impermeabilidade. A adoção isolada de um pavimento permeável sem a combinação com outros dispositivos de infiltração e que permitam a retenção temporária das águas pluviais não resolve o problema.

As águas podem ser introduzidas diretamente na estrutura do pavimento permeável ou através de difusores acoplados no caso de pavimentos impermeáveis. O pavimento constitui-se em um reservatório enterrado pois as águas são diretamente introduzidas em sua estrutura. Por fim, o excesso de água pode ser evacuado por infiltração direta no solo ou por meio de drenos acoplados à infraestrutura de drenagem

a jusante (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005), ou ainda com uso associado de jardins de chuva (figura 3.7).

Os pavimentos permeáveis compõem-se de três níveis de camadas: a superficial, que pode ser permeável (asfalto poroso ou bloco de concreto vazado), semi-permeável (paralelepípedo, bloco de concreto) ou impermeável (asfalto). O corpo composto por brita, ligante e os vazios. Por fim, a interface do corpo com o solo por meio de mantas geotêxteis para evitar a colmatção (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Figura 3.7 – Jardim de chuva em residencial no S. Noroeste, Bsb (RAI)



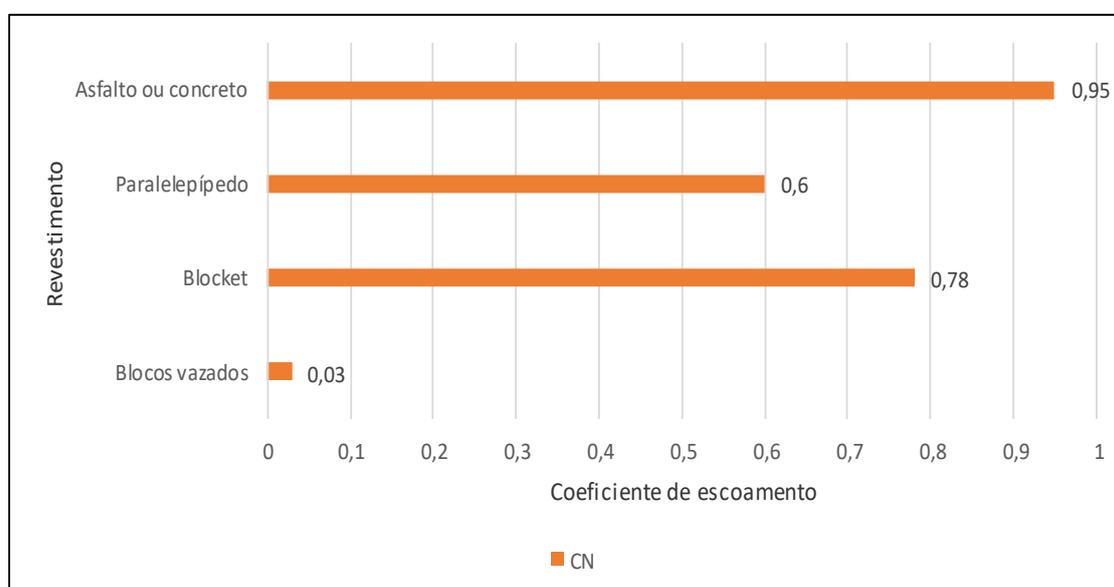
Fonte: SILVA, João Sudário (2021)

Comparando as soluções sugeridas para o incremento da infiltração, estudos realizados por Jacobsen *et al.* (*apud* CANHOLI, 2005) apontaram que o método de contenção na fonte apresentou redução de até 60% dos picos de vazão e dos deflúvios em aproximadamente 50%. Indicando ainda a redução do custo desse sistema na ordem de 66%, em bacias abertas.

Registra-se a experiência realizada por Harada e Ichikawa (*apud* CANHOLI, 2005) sobre o desempenho dos pavimentos porosos na redução dos picos de vazão. Eles apresentaram um pavimento poroso, que denominaram *Drainage Infiltration Strata*, constituído por camada de turfa artificial, pavimento permeável, cascalho e areia, e com um tubo de drenagem na parte inferior.

Foram medidos os volumes de precipitação, a quantidade drenada e outros parâmetros, considerando 60 eventos de chuva. Após o tratamento estatístico, verificaram que o efeito dessas camadas no retardamento inicial dos escoamentos e redução dos picos do deflúvio resultou, para uma intensidade de pico média de 7,2 mm/h e o total precipitado de 380mm, na diminuição de deflúvio em 58% na média. Quanto ao pico do deflúvio, a partir de 12 eventos chuvosos intensos – máximo de 17,2 mm/h e volume de 82,7 mm – verificaram a redução média de 22%. Concluíram que quanto maior o aumento da camada de cascalho, maior possibilidade de redução nos picos dos deflúvios, ampliação nos tempos de concentração e maior capacidade de reservação (CANHOLI, 2005). O gráfico 3.7, a seguir, associa o coeficiente de escoamento aos tipos de revestimento superficial.

Gráfico 3.7 – Coeficiente de escoamento considerando o revestimento.



Fonte: adaptado de Araújo *et al.* (apud BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

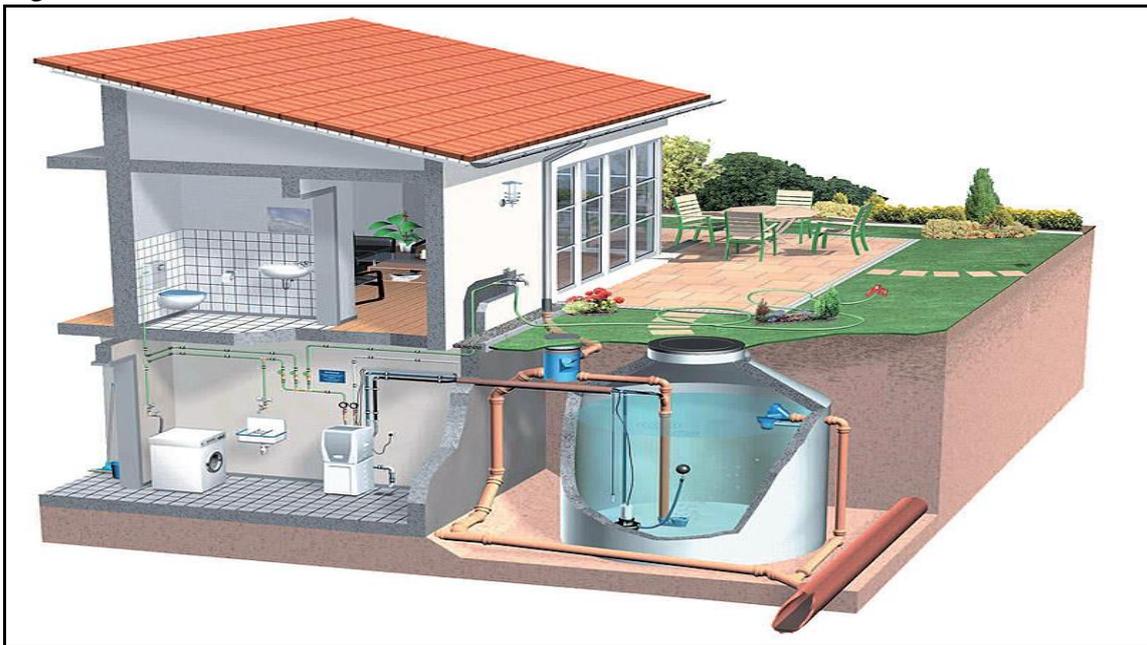
A versatilidade no emprego dos diversos tipos de pavimentos permeáveis configura-se uma vantagem significativa. Igualmente, os custos de construção diminuiram à medida em que aumentaram a escala de implementação, igualando-se ao custo dos pavimentos clássicos. No caso dos pavimentos porosos, houve diminuição dos custos de implantação dos sistemas de drenagem tradicional. Outro aspecto que tem contribuído para o aumento da adoção dos modelos permeáveis é o aproveitamento dos espaços urbanos existentes (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005), sendo

isso vantagem fundamental pois entre os desafios para a gestão de drenagem urbana sustentável está a conciliação com outros usos dos espaços nas cidades.

Os telhados armazenadores são importantes para a redução dos escoamentos produzidos pela impermeabilização do solo. As águas pluviais são armazenadas paulatina e provisoriamente direcionadas para a rede de drenagem ou para outras áreas de escoamento (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). A figura 3.8, a seguir, ilustra um exemplo de reservatório residencial individual.

São instalados através de calhas e condutores com capacidade para armazenamento, contendo válvulas especiais para o controle do fluxo. Podem ainda ser utilizadas telhas e estruturas de concretos (CANHOLI, 2005). Os reservatórios domiciliares são os tanques ou estruturas de alvenaria ou concreto instalados a céu aberto, no sótão ou enterrados, conectados ou não ao sistema de drenagem (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Podem ainda serem implantados em telhados planos ou com declividade de no máximo 5%. Neste caso, acrescentando compartimentos (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Figura 3.8 – Reservatório residencial individual.



Fonte: 3P Technik do Brasil (2010)

Os telhados armazenadores são igualmente considerados telhados verdes pois podem ser vegetalizados de forma extensiva (cobertura vegetal simples) e intensiva (jardim acessível). Outra função dos telhados verdes é a proteção térmica. Neste caso, utiliza-se também britas ou seixos para proteger a impermeabilização, seja dos raios

ultravioletas e variações de temperatura (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

A implantação dos telhados armazenadores deve passar por estudos de viabilidade técnica para escolha de seus elementos conforme os parâmetros estruturais, hidráulicos e hidrológicos (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Os telhados armazenadores tem a vantagem de não demandar por espaços complementares e ainda fazer parte dos projetos arquitetônico e urbanístico, compondo as paisagens. Entretanto, quando aplicados nas edificações existentes deve-se observar aspectos estruturais e de impermeabilização (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Os telhados planos ou com declividade assimila-se às coberturas clássicas, diferenciando-se quanto ao mecanismo de descarga, que pode ser de dois tipos, um de regulação e outro de limitador de nível das águas pluviais. Contudo, um dispositivo de descarga adicional de segurança para operar em casos de necessidade deve ser previsto no projeto (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). A estrutura deve ser dimensionada para suportar às cargas adicionais armazenadas. Outros aspectos igualmente devem ser observados como o revestimento e a impermeabilização específica com seixos e brita ou com técnicas que compõe o telhado com diversas camadas e materiais apropriados. Quando vegetados os telhados devem ter além de suporte para drenar o excesso de umidade das plantas, dispositivos anti-raiz com material resistente ao crescimento da vegetação (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Quanto ao dimensionamento hidráulico dos telhados armazenadores, deve ser em função da escolha do risco hidrológico, traduzido em período de retorno de no mínimo cinco anos para coberturas ou terraços com duração da precipitação de 5min, conforme norma própria, sendo prudente considerar um período de retorno superior ao mínimo recomendado buscando preservar a estabilidade da edificação de eventuais sobrecargas pelas águas retidas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

O coeficiente de escoamento superficial estabelecido é igual a superfície efetiva de escoamento, igual a superfície de telhado a drenar. A capacidade de drenagem e/ou de infiltração regula as vazões de saída do lote e a altura da água a armazenar. Recomenda-se igualmente implantar mais de um dispositivo exutório para direcionamento da água para não sobrecarregar a drenagem durante eventos chuvosos mais agudos. A manutenção dos telhados armazenadores deve ser efetuada no mínimo duas vezes ao ano, com avaliação da impermeabilidade, qualidade dos revestimentos,

funcionamento eficiente dos órgãos de descarga e dos limitadores de nível (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Combinados ou não aos telhados armazenadores existem os reservatórios individuais e técnicas localizadas para armazenagem e reuso das águas pluviais. Sua escala de aplicação é pequena representadas por tanques, pequenas bacias, trincheiras, etc. Buscam a mesma função das técnicas abordadas. Os reservatórios individuais constituem-se por microreservatórios domiciliares, instalados ao ar livre ou no interior das edificações, sendo inclusive obrigatórios em algumas cidades (nas capitais paulista, gaúcha e mineira, por exemplo) (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Visam restringir a entrada das águas pluviais na rede de drenagem, retardando o fluxo, e sobretudo reservando água para o uso (CANHOLI, 2005) não-potáveis, como irrigação, lavagem de automóveis, para fins sanitários etc. (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Para fins não domésticos, as águas de chuvas podem ser utilizadas nos seguintes usos urbanos não-potáveis: na indústria para refrigeração, no processo produtivo, em caldeiras, na construção civil, no preparo de concreto, em atividades de recreação, irrigação de jardins, campos esportivos, parques, no comércio e serviços em geral etc. (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Essa é a principal vantagem: possibilidade do reuso planejado de água para fins não-potáveis, adequando-se ao conceito de “substituição de fontes” (MANCUSO; SANTOS, 2003). Buscam alternativas para suprimento de demandas de menor restrição em contrapartida aos usos nobres, de melhor qualidade, em que se reservam as águas de classe 01, conforme classificação da Agência Nacional de Águas (ANA).

Há essa previsão na política da Organização das Nações Unidas (ONU) para a gestão dos recursos hídricos, desde 1958, em regiões onde existe escassez de água. Nos termos empregados pelo respectivo Conselho Econômico e Social (ECOSOC), o princípio adverte: “[...] a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que tolerem água de qualidade inferior” (MANCUSO; SANTOS, 2003, p. 40).

No Brasil há legislação sobre o tema. Destacam-se os municípios São Paulo, Porto Alegre, Curitiba, Goiânia, além do Distrito Federal. Dessa feita, Canholi (2005, p. 50) assim comenta a Lei *municipal* paulistana nº 13.276, de 5 de janeiro de 2002 (SÃO PAULO (Cidade), 2002), que obriga os proprietários o armazenamento das águas coletadas na propriedade, conforme a área impermeável:

Referido diploma legal vincula a autorização de projetos de edificações, seja qual for a destinação, à implantação espacialmente proporcional desses mecanismos para o armazenamento das águas de chuva. Obriga a construção de reservatórios para as águas coletadas por coberturas e pavimentos, maiores que 500m<sup>2</sup>, e cujo volume mínimo seja de 4,5m<sup>3</sup>/s, correspondendo a áreas impermeabilizadas de 500m<sup>2</sup>. Além disso, para áreas de estacionamentos, referida lei ainda obriga a reservação de 30% (trinta por cento) de área permeável.

As Bacias de detenção, no amplo sentido, são estruturas de acumulação e infiltração das águas pluviais. Possuem três funções relacionadas com a drenagem urbana sustentável (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005): amortecimento de cheias visando o controle das inundações no espaço urbano, redução dos volumes dos escoamentos superficiais e reduzir a poluição difusa de origem pluvial.

FIGURA 3.9 - Bacia de Detenção, Vicente Pires (DF), RA XXX



Fonte: Google Earth-Pro (2023)

É medida de controle centralizado em áreas urbanas. Na escala espacial representam múltiplas configurações e finalidades. Podem ser abertas ou fechadas, com ou sem revestimento, combinando simultaneamente as funções de infiltração e de armazenamento, decantação de sedimentos, lazer e/ou embelezamento da paisagem (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Há na literatura a distinção essas bacias. As de retenção contêm o volume permanente de água. E além do controle de quantidade das águas, ou das cheias

periódicas, servem a outras finalidades ambientais, como a recreação, aspectos paisagísticos, a regulação do microclima, ou para o abastecimento de água (CANHOLI, 2005) e redução da poluição difusa (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

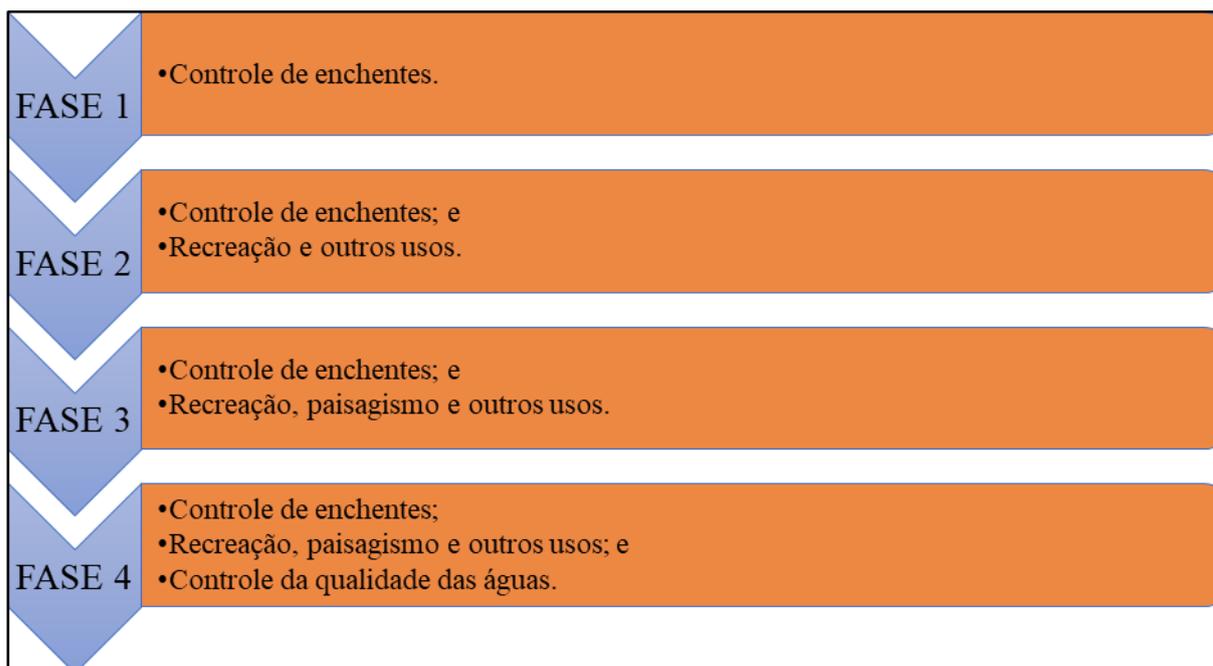
As bacias de retenção (vide figura 3.9) permanecem secas durante as estiagens, sendo áreas projetadas para deter as águas escoadas em períodos curtos, levando-se em conta os picos máximos de vazão demandados a jusante e os volumes armazenados (CANHOLI, 2005). Têm como objetivo principal o controle das inundações, e complementar, a redução de cargas de poluentes de origem pluvial (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Canholi (2005) denomina essas estruturas como bacias de sedimentação, pois tem a função de reter os sólidos em suspensão, a absorção dos poluentes carreados, podendo ser parte integrante de um reservatório para o controle dos picos de vazão.

Conforme o papel no sistema de drenagem das águas pluviais, essas estruturas de reservação podem ser *online e offline*. As estruturas subterrâneas denominadas túneis-reservatórios se configuram como reservatórios *offline* e são alimentados por um sistema de derivação das águas. De igual modo, os dispositivos que retiram os volumes das águas coletadas na rede, nos eventos das cheias, devolvendo-os para o sistema por bombeamento ou válvulas de controle, são os reservatórios *offline*. Os dispositivos que se encontram na linha principal do sistema, restituindo-lhe os escoamentos paulatinamente após os retardamentos são os reservatórios *online* (CANHOLI, 2005).

Os reservatórios *offline* atendem a finalidades variadas. Por exemplo, para o controle de qualidade das águas pluviais, colhendo os volumes iniciais do deflúvio, que detêm a maior carga de poluentes, como graxas, lubrificantes e resíduos sólidos, oriundos das lavagens das vias públicas e das edificações (CANHOLI, 2005).

Ao longo do tempo as estruturas de reservação das águas passou ter caráter multidisciplinar, ganhando função socioambiental, representadas por novos espaços de convivência, áreas verdes e de lazer. Walesh (*apud* CANHOLI, 2005), na figura 3.10, a seguir, aponta quatro fases funcionais das obras de retenção, em função da transformação de finalidade.

Figura 3.10 – Evolução da utilização de obras de retenção.



Fonte: adaptado de Walesh (*apud* CANHOLI, 2005).

Quanto maior a funcionalidade e relações com outros sistemas urbanos tanto se aproximam do conceito de drenagem urbana sustentável. No manejo das águas pluviais, procuram otimizar os espaços urbanos apropriados, valorizando-os para além do uso em si mesmo. Além de integração à paisagem, igualmente exploram os serviços ambientais potenciais próprios dos sistemas bacias hidrográficas.

Portanto, a eficiência na redução dos escoamentos, dos picos de vazões e da melhoria da qualidade das águas pluviais justificam as vantagens na implementação das medidas estruturais compensatórias em comparação com as medidas tradicionais. A sustentabilidade do sistema passa pelo acolhimento pelo poder público e sociedade civil a partir da mudança de percepção para além do caráter puramente técnico de decisões, ponderando outras dimensões socioambientais e econômicas. O problema não pode ser abordado de forma segmentada e desarticulada, pois o caráter interdisciplinar é imanente às das relações sociedade e natureza que expressam, por essa razão, a totalidade o espacial.

### **3.4 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS NA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA**

As principais medidas não-estruturais têm como instrumento a legislação materializada via programas e ações do poder público. Aliadas a outras medidas compensatórias, e ao contexto de outras políticas públicas, essas medidas impõem não apenas ao Estado, mas, à sociedade civil, sobretudo, aos proprietários, parcelas das responsabilidades por interferirem diretamente no regime hidrológico da bacia, pois aumentam os escoamentos superficiais e potencializam as inundações e os alagamentos.

Essas medidas estão relacionadas aos princípios da prevenção e da responsabilidade compartilhada. Elas buscam a conscientização da população e das autoridades despertando-lhes a percepção social sobre os impactos socioambientais negativos causados pelas interferências antrópicas no regime hidrológico das bacias hidrográficas. De modo geral, nas áreas com risco de inundações o custo médio das medidas estruturais supera consideravelmente o custo pela adoção de medidas não-estruturais (TUCCI, 2007). Canholi (2005, p. 25) assiná-la: “[...] as ações não estruturais podem ser eficazes a custos mais baixos e com horizontes mais longos de atuação”.

As medidas mais adotadas são agrupadas em ações e programas sobre o uso e ocupação do solo e a educação ambiental para difusão de conhecimentos sobre os efeitos da impermeabilização do solo no ciclo hidrológico, da poluição na rede de drenagem e nos cursos d’água, e outros problemas socioambientais em geral, o seguro-enchente e a implantação de sistemas de alerta e previsão de inundações (CANHOLI, 2005).

De igual modo, Guerra (2011) assinala como medidas não-estruturais aquelas alternativas relacionadas com o zoneamento de áreas de risco, planos de regulamentação do uso e ocupação do solo, além de medidas atenuantes como implantação de sistemas de alerta a partir de aquisição de dados em tempo real, além do seguro-enchente para áreas de risco já ocupadas para fins urbanos.

Analisa-se nesse tópico, em razão do escopo da pesquisa, as medidas não-estruturais relacionadas à regulamentação do uso e ocupação do solo e a educação ambiental. De modo geral, as medidas tem a finalidade de, a um só tempo, inibir e promover ações em torno de uma nova cultura para compatibilizar as práticas sociais

urbanas com os recursos hídricos, valorizando-os não como recurso natural, mas como ente ambiental vital para os ecossistemas.

Entre as ações, destaca-se a relação da drenagem com a regulamentação do uso e ocupação do solo. Além da construção de cidades longe dos rios, a intervenção do poder público por meio da legislação e do poder de polícia é fundamental na implementação das medidas não-estruturais. Tem por objetivo o controle do uso e ocupação do solo urbano, bem como no comportamento do consumo das pessoas e das atividades econômicas (CANHOLI, 2005).

Desde a Carta Magna de 1988 (BRASIL, 1988), entre outros critérios, o planejamento urbano é exigência constitucional para cidades com mais de 20.000 habitantes. Comemora-se muito a aprovação de um plano diretor urbano. Trata-se de um instrumento da política de desenvolvimento urbano (BRASIL, 2001). Não obstante, se esse mecanismo permanecer desarticulado com outras políticas públicas espaciais, levando-se em conta a totalidade espacial como base essencial para a execução das ações institucionais, os problemas socioambientais continuarão ocorrendo nas cidades (STEIMBERGER, 2006).

Existe a premissa de que o planejamento é pressuposto para uma eficiente gestão ambiental e territorial do espaço urbano. Mas essa premissa torna-se equivocada quando o planejamento e a gestão são os fins em si mesmos. Planejamentos setorializados sem levar em conta a totalidade socioespacial são falíveis (STEIMBERGER, 2006), pois na visão de curto e médio prazos se resolvem alguns aspectos da infraestrutura urbana, mas no longo prazo se criam problemas em outras escalas elementares, afetando o sistema socioambiental por exemplo.

Nesta articulação, ganha importância o PDDU – instrumento elaborado com subsídio em parâmetros técnicos cuja principal finalidade é a promoção do gerenciamento da drenagem urbana. Espera-se que a orientação e criação dos mecanismos de gestão seja em uma racionalidade ambientalmente sustentável, entendida esta como aquela cujos parâmetros tenham sido construídos levando-se em conta aspectos não apenas matemáticos, mas as dimensões socioeconômicos, ambientais e culturais (TUCCI, 2007).

Os planos de drenagem urbana têm como finalidade mitigar os efeitos de eventuais inundações e alagamentos e a manutenção dos processos naturais dinâmicos que ocorrem numa bacia hidrográfica. Igualmente tem o potencial de minimizar os altos custos despendidos com a implementação de medidas tradicionais em drenagem urbana,

uma vez que no cenário preventivo o poder público apenas arcaria com os custos de diagnóstico/prognóstico da situação atual, primeira etapa. Os demais custos podem ser repassados aos investidores, ficando com o poder público o controle e fiscalização da ocupação (TUCCI, 2007).

A implementação de medidas compensatórias em drenagem urbana das águas pluviais nas cidades deve ser concebida no desenvolvimento de um PDDU, o qual deve basear seu conteúdo nos seguintes princípios (TUCCI, 2007):

- Os novos desenvolvimentos não podem aumentar a vazão máxima de jusante;
- O planejamento e controle dos impactos existentes devem ser elaborados considerando a bacia como um todo (sistema);
- O horizonte de planejamento deve ser integrado ao Plano Diretor da cidade (cujo espaço deve ser o fundamento); e
- O controle dos efluentes deve ser avaliado de forma integrada com o esgotamento sanitário e os resíduos sólidos (cujo espaço deve ser o fundamento).

Com efeito, sobre o impacto no regime hidrológico de uma bacia hidrográfica, Travassos (2004) aponta que no município de São Paulo foi instituído o instituto da outorga do direito de impermeabilização, instrumento de gestão de uso do solo vinculada diretamente à concessão do direito de interferir no regime hidrológico de um curso d'água.

Neste contexto, os planos diretores devem ser elaborados de modo a evidenciar as medidas não-estruturais na gestão da drenagem urbana, notadamente a legislação (TUCCI, 2007), bem como a adoção de técnicas estruturais compensatórias por sub-bacias urbanas, visando a redução das vazões e dos volumes, além da gestão do risco de inundações via estudo global da bacia, especialmente quando há precipitações elevadas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

No Brasil, entre as hipóteses da não aceitação da implementação de medidas não-estruturais se deve ao fato:

[...] historicamente, as ações estruturais são aquelas tradicionalmente adotadas pelo poder público, como vimos nos capítulos anteriores, pois já têm seus esquemas engendrados nos setores do governo, portanto funcionam como uma continuidade das práticas há muito estabelecidas nestes órgãos. Tais ações não necessitam novos arranjos institucionais ou disposição pessoal extra para sua execução (TRAVASSOS, 2004, p. 85).

Por outro lado, Souza (2006, p. 31) crítica a concepção equivocada de curto prazo presentes nos programas de planejamento no Brasil:

O enfraquecimento do planejamento se faz acompanhar pela popularização do termo gestão [...] o que é muito sintomático como a gestão significa, a rigor, a administração dos recursos e problemas aqui e agora, operando, portanto, no curto e no médio prazos, o hiperprivilegiamento da ideia de gestão em detrimento de um planejamento consistente representa o triunfo do imediatismo e da miopia dos ideólogos ultraconservadores do mercado livre.

As medidas adotadas em drenagem urbana, convenientemente pautados em planos diretores concebidos e executados de forma segmentadas e com horizontes de curto e médio prazo, levam os técnicos e as autoridades a erroneamente reforçarem o paradigma da abordagem tradicional, representadas por medidas corretivas e pontuais (SOUZA, 2013).

A existência formal dos planos diretores de planejamento, portanto, não tem sido suficiente pois são desarticulados com as demais políticas públicas espaciais urbanas, como de saneamento, resíduos sólidos e de uso do solo. Neste contexto, a educação ambiental com foco na drenagem urbana é instrumento à disposição do poder público para gestão integrada da drenagem urbana e dos resíduos sólidos, eixos integrantes da Política Distrital de Saneamento Básico (PDSB) (DISTRITO FEDERAL, 2014). A existência de resíduos sólidos nos logradouros públicos está entre os principais impactos socioambientais nas cidades requerendo, por isso, ações de educação ambiental da população. Além de criar uma imagem negativa da paisagem, prejudicam o funcionamento da drenagem urbana das águas pluviais.

O conceito de educação ambiental adotado pelo art. 1º da Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, leva em consideração a construção de valores sociais, conhecimentos e atividades em busca de qualidade de vida, *in verbis*:

Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999).

No Brasil, segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2014), em 2016, produziu-se 214.404 (ton/dia). Isso significa que cada indivíduo produziu, em média, 970,13 (Kg/dia/per *capta*) de resíduos. No Distrito Federal produziu-se 4.667 (ton/dia), índice maior que o

Estado do Espírito Santo – 3.282 (ton/dia) – e, proporcionalmente, equivalente aos Estados da região Sul, apesar de ter menor contingente populacional e um setor industrial de cerca de 6% da economia brasileira (ABRELPE, 2014). Essa constatação pode estar correlacionada à renda *per capita* domiciliar do Distrito Federal, em média, R\$ 2.513,00 (dois mil e quinhentos e treze reais), em 2021, maior do Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), potencializando o grau de consumo da população.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) nomeia os agentes responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos: fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos urbano-industriais. Entre outras medidas, visa estimular a responsabilidade compartilhada, criar uma rede articulada e integrada para minimizar os impactos causados pela destinação inadequada de resíduos sólidos, promovendo boas práticas em busca da responsabilidade socioambiental (BRASIL, 2010).

Figura 3.11 - Resíduos deixados em via pública



Fonte: SILVA, João Sudário (2022)

Os planos de ordenamento territorial, de saneamento básico, de drenagem urbana e de educação ambiental estão entre elas, pois representam aspectos materiais da realidade socioespacial. Estudos evidenciam que a presença de resíduos sólidos nas águas pluviais em meio urbano tem influência importante no mau funcionamento das infraestruturas de drenagem, indicando que a qualidade delas dependem de outras

medidas de saneamento básico (NEVES; TUCCI, 2011; PIMENTEL, 2009; CHEBBO *et al.*, 2001). A figura 3.11 revela práticas urbanas comuns nas cidades brasileiras.

Na construção dos prognósticos, o PDSB adverte que os resíduos sólidos podem ser lançados individualmente ou deixados nas vias e transportados pelas águas pluviais (DISTRITO FEDERAL, [s. d.]b). Verifica-se uma ação e/ou omissão na conduta do cidadão. As Figuras XX revelam uma prática comum nas cidades brasileiras: resíduos dispensados inadequadamente em via pública (detalhe: próximo à boca de lobo) e boca de lobo tomada por lixos.

A introdução da Educação Ambiental na grade curricular é peça chave nesse processo. Entre os objetivos sociais da escolarização está a formação para a cidadania (BRASIL, 1996). Inserida neste contexto, a cidadania ambiental promove a sustentabilidade ambiental no espaço natural e no urbano. Deixar de preparar as futuras gerações para mudanças de atitudes é continuar alimentando um modelo cultural de consumo de massa que se mostra temerário em relação ao futuro do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida. Neste contexto, deve-se enfatizar os impactos socioambientais das práticas urbanas, sobretudo a partir do conhecimento do ciclo de vida dos resíduos sólidos e sua interferência no funcionamento da drenagem urbana.

Entre as diretrizes do Manual de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2018b), é preciso fortalecer a necessidade de educação ambiental sobretudo das novas gerações, tendo em vista o potencial efeito multiplicador. Além de mobilizar a sociedade, o desafio é consolidar a cidadania ecológica, cotando com a participação das Escolas, do Poder Público e da sociedade civil nos programas de Educação Ambiental no incentivo dessa cultura e dos projetos educacionais, que contemplem, no mínimo, conteúdos sobre o ciclo hidrológico, bacia hidrográfica, tipos de poluição e resíduos sólidos: disposição e reciclagem.

Por outro lado, o sistema de drenagem urbana não deve ser considerado infraestrutura coadjuvante aos demais sistemas de infraestruturas urbanas. Abordar a Educação Ambiental com foco na drenagem urbana promove uma mudança de representação e percepção da população sobre a dinâmica das águas pluviais. Deixar claro que as vazões em meio urbano são causadas pelas precipitações pluviométricas e integram um fenômeno inter-relacionado, cuja gestão compõem-se de um sistema público de manejo das águas pluviais (DISTRITO FEDERAL, 2018c).

Figura 3.12 - Boca de Lobo com resíduos urbanos, Av. Comercial dos Pioneiros



Fonte: SILVA, João Sudário (2022)

A eficiência dessa gestão depende da participação da sociedade. Nesse contexto, o Programa Educação Ambiental e Controle Social, Participação e Comunicação, do Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS), reconhece o engajamento da população como um desafio e um instrumento de fortalecimento da gestão de resíduos sólidos. Requer, entretanto, a adesão e a sensibilização da população para participação efetiva nas ações de Educação Ambiental organizadas pelo programa, que, aliás, deve ser permanente e com foco na comunicação, mobilização e sensibilidade (DISTRITO FEDERAL, 2018c). É preciso evitar práticas ilustradas na figura 3.12, pois prejudicam o funcionamento do sistema.

Entre as estratégias o programa sugere: mapear os atores e instituições com atuação na educação ambiental, transformar agentes sociais que atuam com resíduos sólidos em multiplicadores de educação ambiental, capacitação de professores para implantação de manejo diferenciado de resíduos, como reciclagem e logística reversa com incentivos a partir de concursos e selos de reconhecimento, sensibilização da sociedade para valorização de espaços públicos de modo evitar depredação a partir da preservação dos espaços públicos (DISTRITO FEDERAL, 2018c).

De igual modo, a eficiência da política distrital de saneamento básico passa pela articulação entre o plano de drenagem urbana, de resíduos sólidos e a educação

ambiental. O Brasil – quinto maior produtor de resíduos sólidos – recicla apenas 3% dos resíduos recicláveis (ABRELPE, 2014). Isso revela o tamanho do desafio e complexidade do problema. Alguns fatores de ordem estrutural, institucional e de engajamento individual/coletivo comprometem as melhores perspectivas no campo da execução dessa política pública ambiental.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo de caso foi conduzido com a abordagem Geográfica sob o enfoque socioambiental, em análise reflexiva e interdisciplinar. Conceitos e termos como “planejamento urbano”, “gestão e técnicas compensatórias em drenagem urbana”, “uso do solo”, “impermeabilização”, “alagamentos”, “condicionantes urbanos” e “mapeamentos” são recorrentes na dissertação, sendo a cidade do Gama(DF) o recorte espacial de análise.

Os instrumentos institucionais relacionados à gestão da drenagem urbana no Distrito Federal serviram para identificação dos aspectos conceituais sobre a drenagem urbana, bem como a regulamentação sobre a concepção de projetos e aplicação de dispositivos em ambiente urbano e de expansão urbana.

Serviram de base o PDDU-DF (DISTRITO FEDERAL, 2009), o Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial no Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2019), o Manual de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2018b), a Resolução nº 9, de 8 de abril de 2011 (DISTRITO FEDERAL, 2011) e o PDL da cidade do Gama (DISTRITO FEDERAL, 2006). Além disso, realizou-se levantamentos junto à ANA, à Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA)

Assim, para investigação do problema, o levantamento e a leitura do material bibliográfico e documental, saídas de campo e o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) foram realizados para o conhecimento sobre os processos hidrológicos, os impactos da urbanização na drenagem das águas pluviais, buscando identificar espaços potenciais como condicionantes urbanos para auxiliar no controle dos alagamentos.

Dados de outros órgãos públicos relacionados com a pesquisa – Administração Regional do Gama(DF), Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal (SEDUHDF), NOVACAP, ANA, ADASA, CODEPLAN,

Companhia Imobiliária de Brasília (TERRACAP), Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) e Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal (SLU) – foram analisados para subsidiar a discussão do problema proposto.

Com efeito, para identificação das áreas livres como condicionantes urbanos foi levado em conta os espaços de uso comum com potencial para aplicação de técnicas compensatórias em drenagem urbana. Elas são entendidas pela literatura como as estruturas que visam promover a infiltração ou retenção das águas pluviais o mais próximo possível do local onde inicia o escoamento superficial para evitar impactos em áreas da cidade situadas à jusante.

Seguiu os critérios estabelecidos no Manual de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2018b) e na Resolução nº 09/2011 (DISTRITO FEDERAL, 2011), para cenários de aplicação de dispositivos de baixo impacto – LID (GOMES *apud* DISTRITO FEDERAL, 2018c), a configuração do sistema viário e influência das vias na susceptibilidade de formação das enxurradas e, por consequência, nos alagamentos. Os dados do cadastro fornecidos pela DIPROJ-NOVACAP, em arquivos de extensão .DWG (*Drawing*) e PDF, e os registros de campo, serviram para identificar o modelo adotado auxiliando no diagnóstico da rede de drenagem existente.

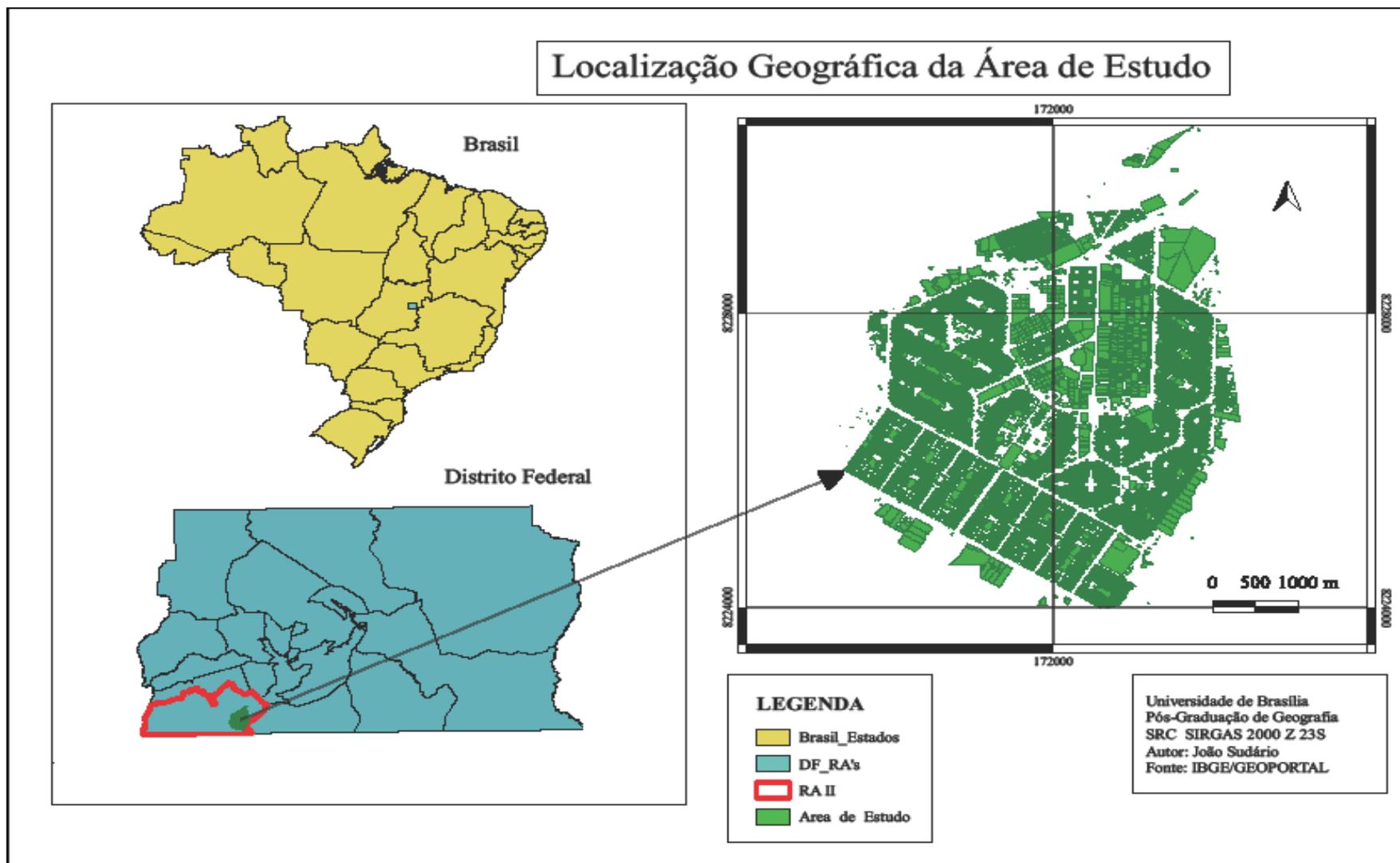
Os critérios econômicos, conforme as recomendações da ADASA (DISTRITO FEDERAL, 2018b), não foram ponderados no estudo, sem prejuízo de pensar a questão socioambiental como possibilidade de agregar valor às áreas livres como categoria específica de uso do espaço urbano.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde ao perímetro urbano da Região Administrativa II, Gama(DF). Localiza-se na posição sudoeste do Distrito Federal, com extensão territorial de aproximadamente 19,00 Km<sup>2</sup> (figura 4.1). As coordenadas geográficas são, respectivamente: latitudes -15°'98' e '16°04' de latitudes norte e sul, e longitudes 48°09' e 48°04'.

Para o propósito da pesquisa foram analisadas as características de uso e ocupação do solo das áreas fisicamente conexas do perímetro urbano. Neste contexto, o estudo não abrange as áreas da Vila DVO, do Setor Habitacional Ponte Alta Norte e o espaço rural da região administrativa do Gama(DF). Assim sendo, a área corresponde aos setores: norte, sul, leste, oeste, central, setor de múltiplas atividades norte e setor mansões paraíso.

Figura 4.1 – Mapa de localização da área de estudo.



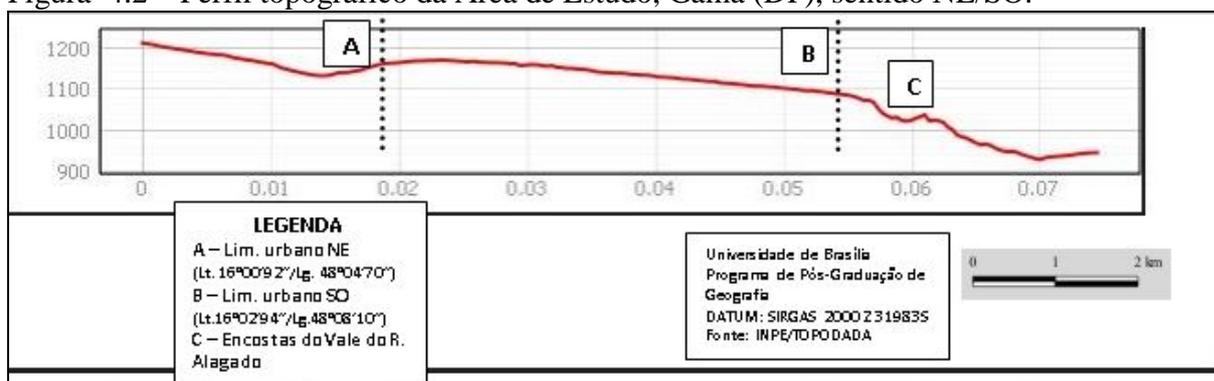
Fonte: SILVA, João Sudário da. (2023)

O Gama(DF) vive um processo de dinamização urbana com significativas mudanças na paisagem, sobretudo na zona de dinamização urbana, cujo processo conta com o PDL. O estudo possibilitou a coleta de dados específicos para a caracterização e mapeamento dos usos do solo, representando e destacando os condicionantes urbanos no contexto das transformações urbanas na cidade.

#### 4.2.1 Aspectos físicos-geográficos

O Gama(DF), RAII, pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Corumbá, Unidade Hidrográfica Alagado/Ponte Alta (DISTRITO FEDERAL, 2018a). A área do perímetro urbano encontra-se no extremo de um residual de aplainamento denominada chapada da Contagem, na borda sudoeste do Distrito Federal.

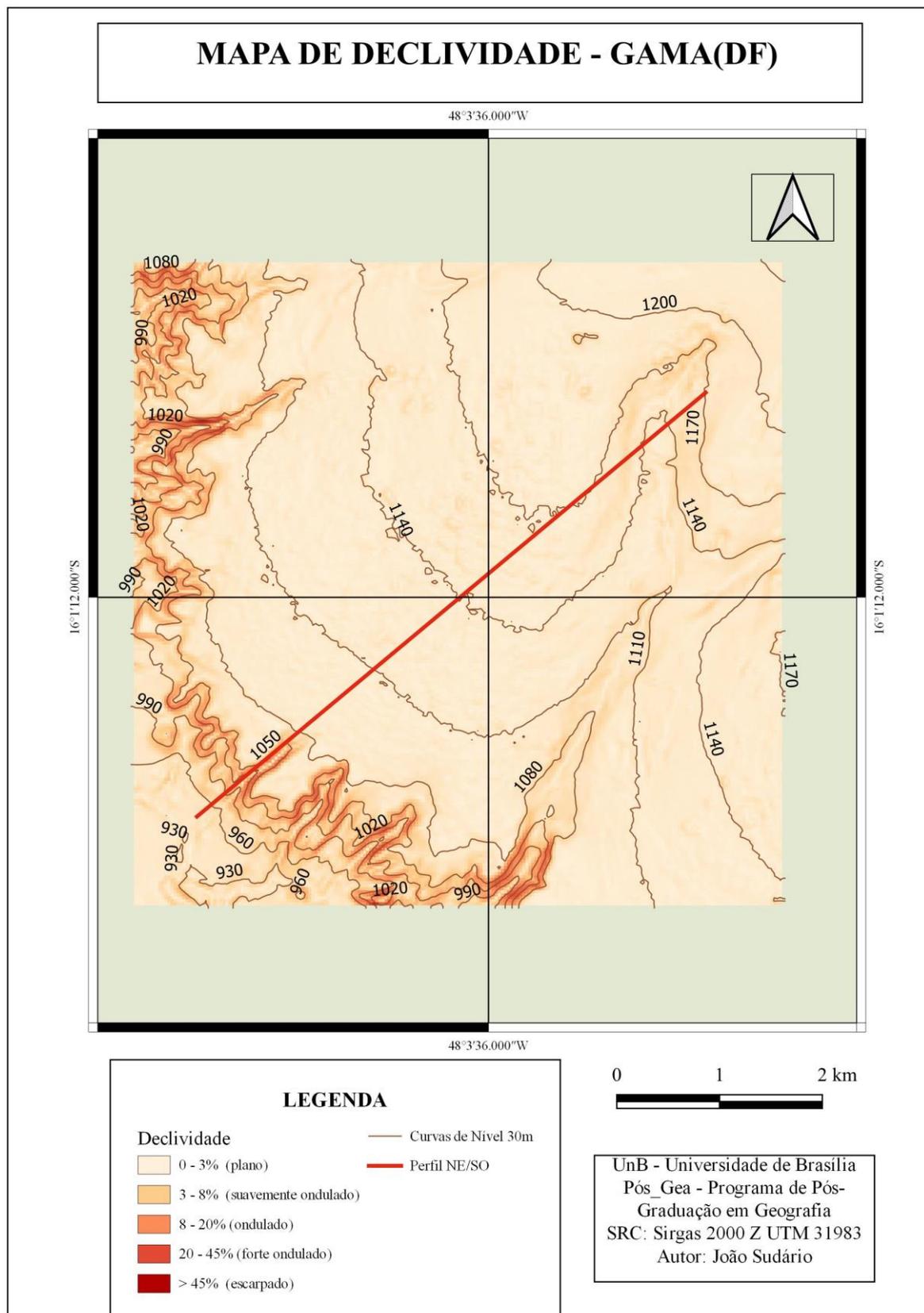
Figura 4.2 – Perfil topográfico da Área de Estudo, Gama (DF), sentido NE/SO.



Fonte: SILVA, João Sudário da. (2023)

O relevo predominante é plano a suavemente ondulado, entre as cotas médias entre 1.200m e a 900m de altitude (NOVAES PINTO, 1993a; DISTRITO FEDERAL, 1997), tendo amplitude média de 300m, no sentido nordeste a sudoeste (Figura 4.2). Na cidade há poucas áreas com variação acentuada da declividade, exceto em algumas áreas do setor leste influenciadas pela erosão laminar longitudinal do curso médio do vale do córrego Crispim, anfiteatros da cabeceira do rio Alagado, e a lombada influenciada pela drenagem dos córregos tributários do ribeirão Ponte Alta, situada na avenida contorno oeste, próxima ao Parque Urbano do Gama(DF). De modo geral, as figuras 4.2 e 4.3 ilustram o relevo da área de estudo.

Figura 4.3 – Mapa de Declividade da Área de Estudo, Gama (DF).

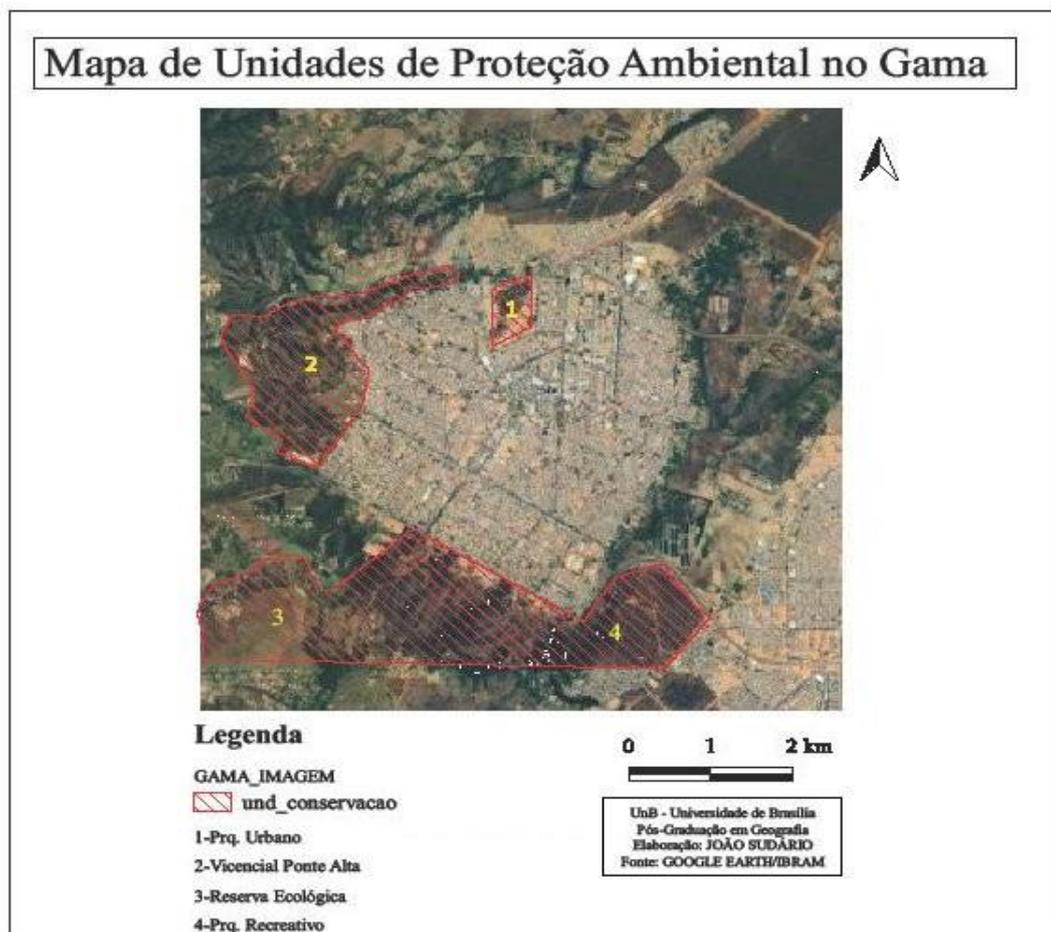


Fonte: SILVA, João Sudário da. (2023).

A cidade é circundada a leste pelo vale do Córrego Crispim, a oeste e a sul pelas encostas com declives acentuados – de 8% a 45% - relevo de transição entre a chapada e o relevo dissecado dos vales, formadores das nascentes do Ribeirão Ponte Alta e do Rio Alagado; ao norte, pelos residuais de aplainamento, representados pelo alongamento da Chapada da Contagem (NOVAES PINTO, 1993b).

A figura 4.4 apresenta as unidades de proteção dentro da RA II: Parque Ecológico e Vivencial Ponte Alta do Gama (1), localizado próximo a Vila Roriz, Setor Oeste e em frente à Quadra 12 do Setor Sul; a Reserva Ecológica do Gama (3), próximo às quadras 07 e 15 do Setor Sul, e a Parque Recreativo do Gama – Distrital da Prainha (4), entre a quadra 17 do Setor Sul e do DVO e, no perímetro urbano, o Parque Urbano e Vivencial do Gama (2), entre o setor norte e oeste. Contudo, essas unidades de proteção ambiental carecem de consolidação estrutural, havendo apenas placas informativas, que não impedem a degradação. Essas unidades de proteção ambiental estão diretamente relacionadas às fragilidades ambientais da região, das quais três estão fisicamente em seu entorno, nas encostas.

Figura 4.4 – Mapa de Unidades de Proteção Ambiental na RA II



Fonte: SILVA, João Sudário da. (2023)

As Áreas das Bordas de Chapada do Gama(DF) correspondem às faixas de tamponamento das unidades de conservação ali existentes, constituindo-se como áreas com restrições físicas e bióticas lindeiras às zonas urbanas, conforme o Plano Diretor Local. Por isso, justifica ações e cuidados especiais quanto aos usos e ocupação do solo, estando sujeitos à supervisão do órgão gestor da respectiva unidade e recomendações previstas na legislação.

Em regiões de chapadas é comum os solos da categoria latossolos (BRASIL, 2018a; MARTINS *et al.*, 2004). Nas bordas das chapadas encontra-se os solos do tipo laterítico ou na superfície na ausência do horizonte A (NOVAES PINTO, 1993c). Atualmente esses solos pertencem à categoria dos plintossolos, segundo a nova classificação de solos da Embrapa (BRASIL, 2018b).

É importante ressaltar que os latossolos são solos maduros, bem drenados, compostos por minerais secundários, formadores da fração argila, e ocupam quase metade do bioma dos cerrados. São morfologicamente profundos, com perfil superior a 2 (dois) metro, havendo poucas diferenças nos horizontes A, B e C, o B bem espesso, maior que 50cm, respectivamente, variando das cores vermelho muito escuro a amarelo. Os teores de silte (10% a 15%) e argila (15% a 80%) são considerados baixos (SANO; ALMEIDA e RIBEIRO, 2008). Ao centro da Figura 4.5 ilustra o perfil do latossolo na área de estudo.

Figura 4.5 – Escavação para fundação de edificação no setor central



Fonte: SILVA, João Sudário da. (2022)

Do ponto de vista da drenagem, podem ser classificados como excessivamente drenados (gibíticos), fortemente drenados (textura média) e acentuadamente drenados (textura média e argilosa). Possuem alta permeabilidade de água. Em valores médios, a água contida em até 2 (dois) metros de profundidade varia 500 a 760mm, para solos de textura muito argilosa; 300 a 500mm, para os de textura argilosa e 260 a 330mm para os de textura média. Essa característica revela a importância da textura, inclusive em termos de permeabilidade (SANO; ALMEIDA e RIBEIRO, 2008).

O Gama (DF) possui um clima bem marcado em dois períodos, típico da região do Distrito Federal, decorrentes da dinâmica da circulação atmosférica regional e dos fatores locais como a posição geográfica. Um período seco, sem chuvas, no outono/inverno, entre maio e setembro, e outro chuvoso e úmido durante parte da primavera/verão, entre os meses de outubro a abril. O período seco é caracterizado por intensa insolação, evaporação e grande amplitude térmica, além da baixa nebulosidade e umidade no ar e pluviosidade reduzida. No período úmido, ocorre o aumento da nebulosidade, pluviosidade e umidade do ar, ao passo que diminui a amplitude térmica (STEINKE; BARROS, 2015)

De acordo com a classificação descritiva de Köppen, os tipos de clima da cidade são o tropical - Aw e o tropical de altitude - Cwa e Cwb. A precipitação pluviométrica média anual de 1500 mm. A temperatura média anual é de 23°C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes e os meses de junho e julho os mais frios, com amplitude térmica média de 18°C. A umidade relativa do ar anual em média é de 55%; nos meses mais secos, julho e agosto, chega a baixar à níveis desérticos, até cerca de 10%, em razão da ausência total de chuva (EITEIN *apud* NOVAES PINTO, 1993).

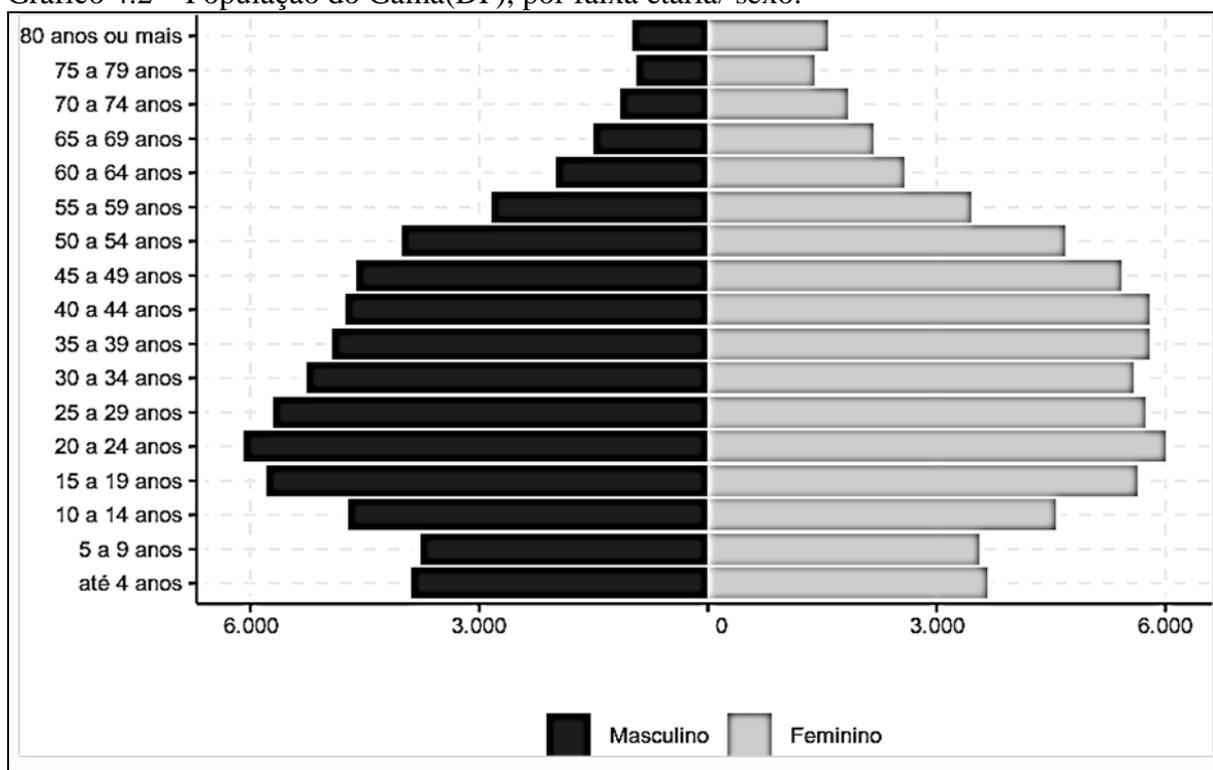
#### **4.2.2 O espaço socioeconômico**

A Pesquisa Distrital por Amostras de Domicílios do Distrito Federal (PDAD-DF), indica uma população urbana na cidade do Gama (DF) de 132.466 (DISTRITO FEDERAL, 2018d). Atualmente, a idade média dos habitantes é de 34,4 anos, sendo 52,5% do sexo feminino. 53,7% da população se declararam pardos, 11,1%, pretos, 33,1%, brancos e 1,7%, amarelos. Existem 48,8% de solteiros na cidade. O gráfico 4.1, a seguir, apresenta a pirâmide

etária da localidade em comento por idade e sexo, revelando uma predominância de pessoas jovens.

Na área urbana, o Gama (RA II), Distrito Federal, possui 39.223 unidades imobiliárias ocupadas, cuja média de moradores por domicílio estava em torno de 3,38, como condição predominante de permanência. Dos domicílios, 81,9% eram casas, sendo 53,9% próprias e 89,3%, regularizados. Apenas 16,5% eram apartamentos. O mesmo estudo revelou que quase 100% das casas eram de alvenaria, sendo 34,5% coberta com telhado de fibrocimento (DISTRITO FEDERAL, 2018d).

Gráfico 4.2 – População do Gama(DF), por faixa etária/ sexo.

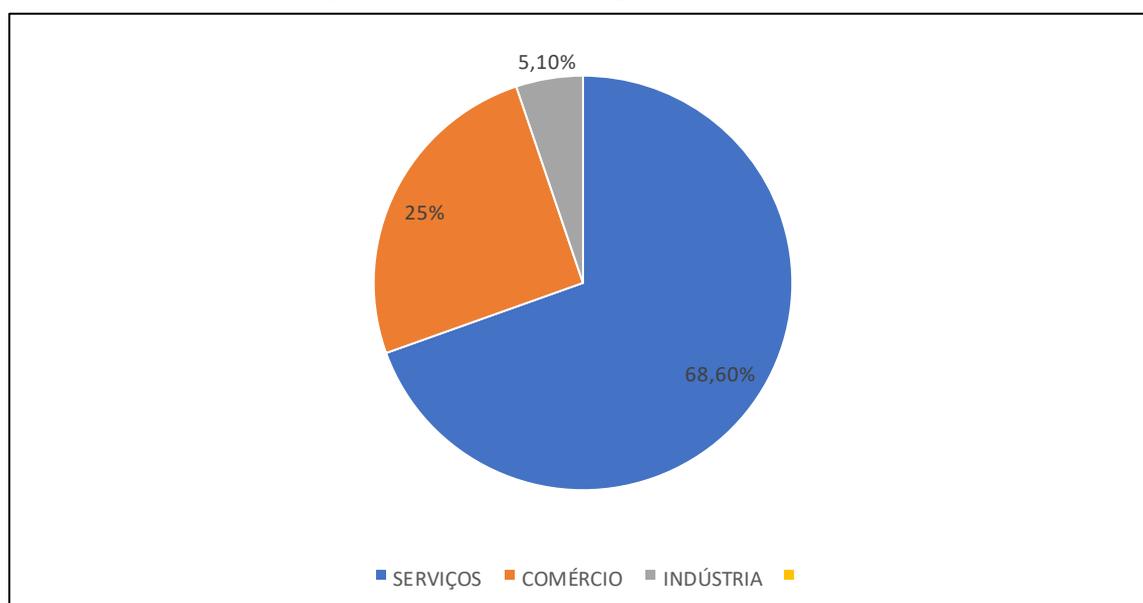


Fonte: Distrito Federal (2018d, p. 11).

Além do funcionalismo público, o comércio e os serviços são as principais atividades econômicas, movimentando 6,5 mil empresas na cidade. A taxa de participação da população economicamente ativa, era de 58,7% - 64.833 pessoas. Dessas, 63,5% são trabalhadores com carteira assinada. Contudo, cerca de 1/3 entre os jovens de 18 a 29 anos (8.465) representam a população que não trabalha e tampouco estuda. O setor de serviços foi o ramo de atividade que empregava quase sete em cada dez pessoas ocupadas (68,6%). Porém, apenas 43,2% declararam exercer seu trabalho na cidade (DISTRITO FEDERAL, 2018d). O gráfico 4.2, a seguir, apresenta uma síntese sobre a ocupação econômica por setor de atividade.

O Gama(DF) polariza a região do eixo geográfico sudoeste da capital, exercendo a centralidade em relação aos municípios vizinhos do Estado de Goiás. A cidade conta com faculdades públicas e privadas, boa rede de escolas públicas, escolas privadas, estabelecimentos de educação profissionalizante, hospitais público e privado, clínicas particulares, extensa rede bancária, rede de serviços técnicos de reparos de veículos automotores, eletrodomésticos, eletroeletrônicos, pequenas indústrias metalúrgicas, um shopping consolidado e outro em fase de consolidação, além de pequenos *shoppings*. Igualmente estão presentes grandes redes atacadistas, de academias e comerciais especializados nos setores de alimentação, farmácias, clínicas, laboratórios, óticas e supermercados.

Gráfico 4.2 – Pessoas ocupadas no Gama (DF), por setor da economia



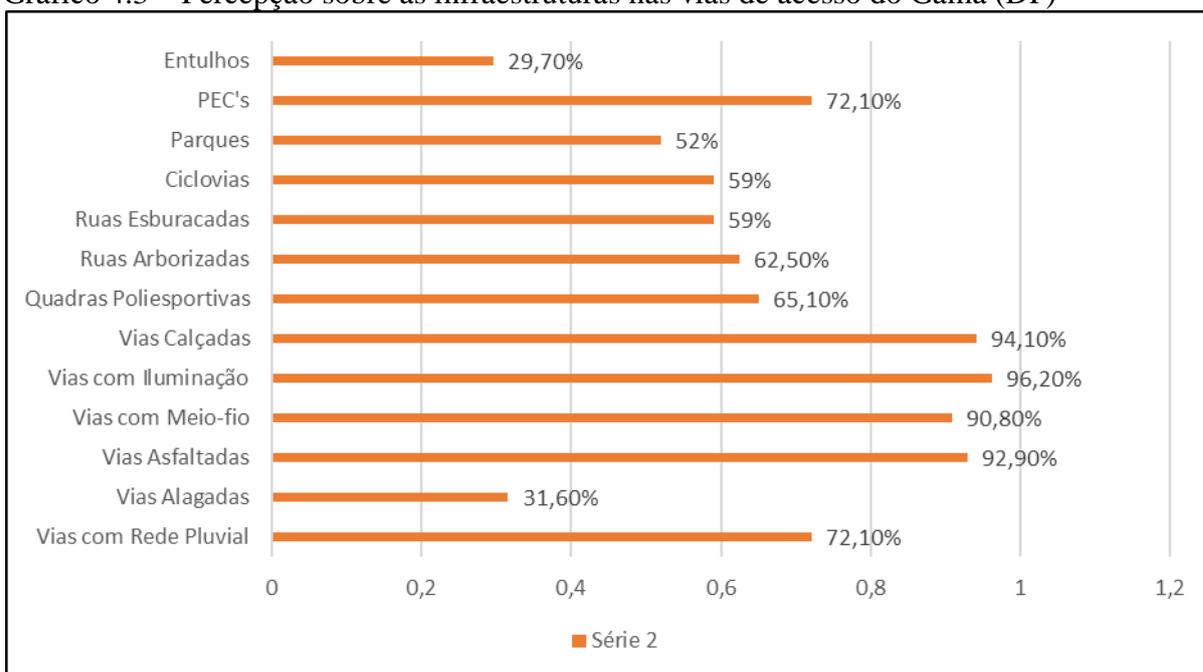
Fonte: adaptado de Distrito Federal (2018d).

Na cidade tem-se alta cobertura de serviços de utilidade pública. Quanto aos serviços de esgoto e de abastecimento de água para consumo doméstico, 97,1% dos domicílios são servidos pela rede geral da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), enquanto 2,3% possuem poços artesianos. Além disso, 38,4% informaram captar as águas da chuva. A rede de esgotamento sanitário atende a 94,5% dos domicílios, 6% informaram ter fossa séptica e 0,1% havia a presença de esgoto a céu aberto. Quanto à energia elétrica, 99,4% dos domicílios estavam interligados na rede de abastecimento da Companhia

Energética de Brasília (CEB). Além disso, 96,2% informaram haver iluminação pública na rua de acesso ao domicílio (DISTRITO FEDERAL, 2018d).

O gráfico 4.3, a seguir, revela a percepção dos habitantes sobre as infraestruturas. Em relação ao acesso às unidades imobiliárias, 92,9% são asfaltados e 94,1% das ruas possuem calçadas, das quais 90,8% contam com meio-fio. Para 52% dos entrevistados haviam parques e jardins nas proximidades dos domicílios, e 65,1% relataram a existência de quadras esportivas, e 59%, ciclovia ou ciclo-faixa e 72,1% houve relato da existência dos Pontos de Encontro Comunitário (PECs) (DISTRITO FEDERAL, 2018d).

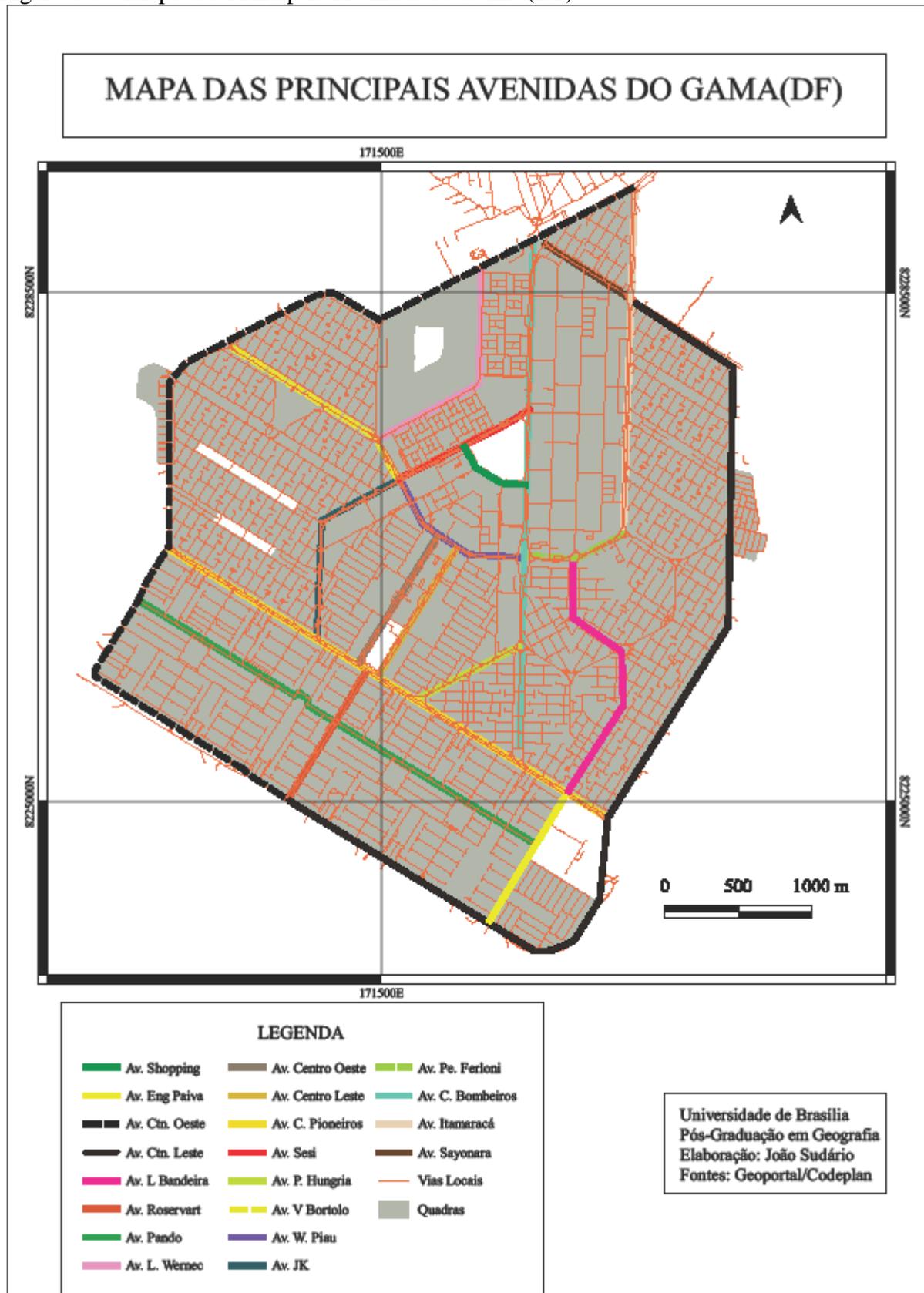
Gráfico 4.3 – Percepção sobre as infraestruturas nas vias de acesso do Gama (DF)



Fonte: adaptado de CODEPLAN (2018, p. 55).

O Gama(DF) possui quatro eixos viários: principais: a Avenida Comercial dos Pioneiros, que divide o setor sul dos setores oeste, central e leste, a Avenida Comercial dos bombeiros, localizada entre o setor norte/ industrial-leste e central, que se interliga à Avenida Paulo Hungria (supermercado COMPER) e à Avenida do SESI (Serviço Social da Indústria) até a Avenida JK (Juscelino Kubitschek) e a Vedoveli Bortolo, a Avenida Itamaracá (Companhia de Bebidas das Américas – AMBEV), que divide o setor leste/industrial. Há também as Avenidas Centrais, Wagner Piau de Almeida, em frente à Administração Regional, e as Centro Oeste e Centro Leste, próximas ao setor bancário e paralelas ao Hospital Regional do Gama (HRG). Além dessas, a cidade conta com as Avenidas Contorno Leste, próximo à quadra 50 leste e Contorno Oeste, próximo à vila Roriz/setor de chácaras (vide figura 4.6).

Figura 4.6 – Mapa das Principais Avenidas do Gama (DF)



Fonte: SILVA, João Sudário. 2023.

Para acesso à cidade a via principal ao norte é a DF-480, que liga até a DF-003 (Estrada Parque Indústria e Abastecimento – EPIA), ligando ao Plano Piloto. À nordeste, passando pela AMBEV e pelo Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos (UNICEPLAC), a DF-483 liga ao centro de Santa Maria. No setor sul, a DF-290 liga as cidades de Santa Maria e as cidades goianas de Novo Gama e Valparaíso, além das BRs 040 e 060, a leste e a oeste, respectivamente. A DF-475, saída pelo setor oeste acessa a área rural, que se encontra em processo de transformação de uso para urbana constituindo os condomínios do Setor Habitacional Ponte Alta Norte.

### 4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

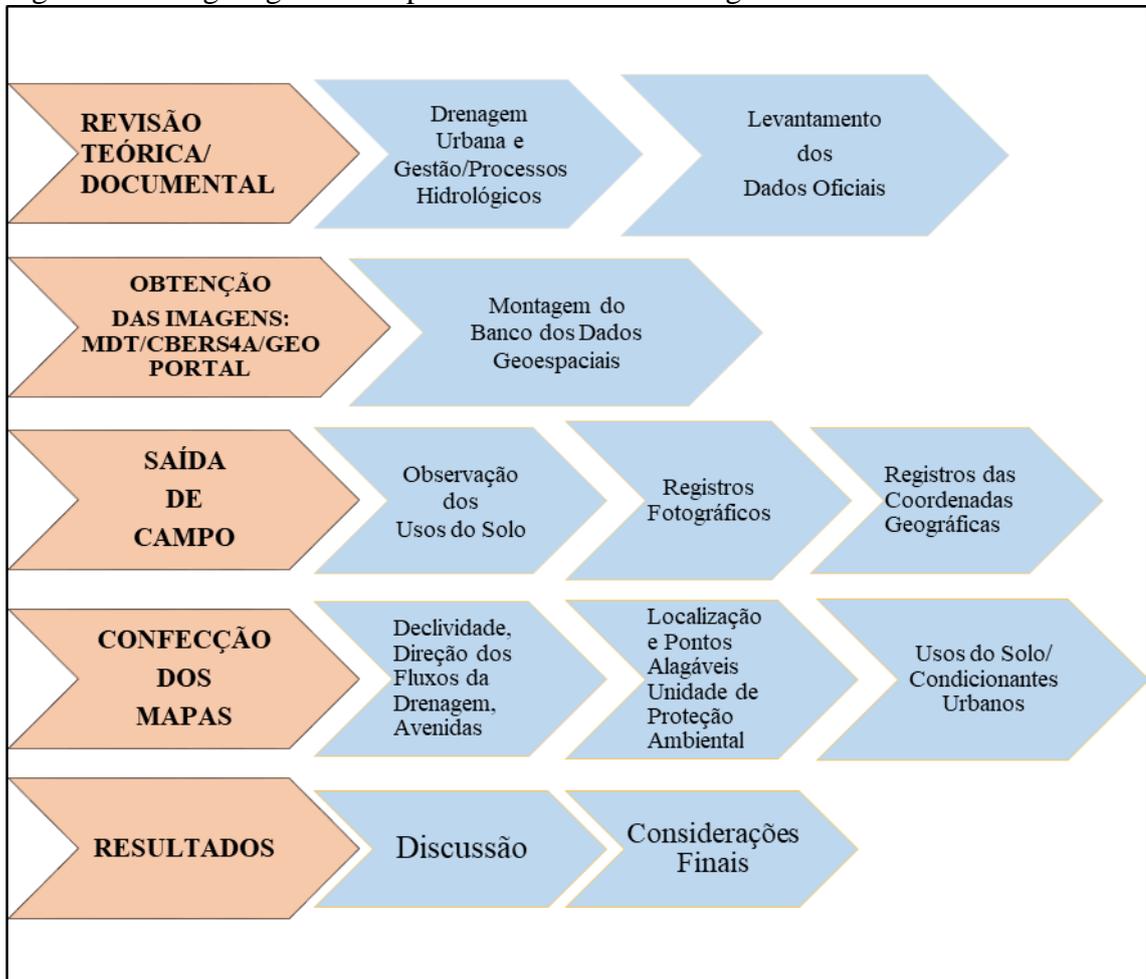
O estudo para identificar as áreas urbanas para implementação de técnicas compensatórias em drenagem das águas pluviais, no contexto do planejamento urbano da cidade do Gama(DF), teve o caminho trilhado em cinco etapas inter-relacionadas para análise das relações entre as variáveis e os pressupostos da problematização. A figura 4.7 ilustra os procedimentos metodológicos, cujas etapas são descritas neste capítulo.

A primeira etapa consistiu em delimitação e racionalização do tema e revisão teórica e documental sobre a drenagem urbana das águas pluviais, processos hidrológicos, abordagens de gestão da drenagem urbana e levantamento de dados oficiais. Foram levantadas referências teórico-conceituais sobre os processos hidrológicos, a interface entre a urbanização e a drenagem das águas pluviais e análise sobre os modelos de drenagem urbana aplicados nas cidades, buscando compreender os aspectos da gestão da drenagem urbana e sua relação com o PDL da RA II (DISTRITO FEDERAL, 2006).

A segunda etapa, para análise topográfica, consistiu na obtenção das imagens orbitais do Modelo Digital de Terreno (MDT), com resolução de 30m, disponível no programa TOPODATA, com acesso por meio do portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (BRASIL, 2022). Para análise do uso do solo urbano, no mesmo portal, foram baixadas as imagens do satélite CBERS4A, banda pancromática, resolução espacial de 2m, do mês de setembro de 2021. Além disso, foram baixados os *shapefiles* disponíveis no Portal da CODEPLAN e do GEOPORTAL da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal. As configurações geográficas de interesse baixadas foram: ocupações

identificadas, projeções e edificações registradas, vias públicas, praças, quadras de esporte, escolas, estacionamentos e imóveis públicos.

Figura 4.7 – Organograma dos procedimentos metodológicos.



Fonte: SILVA, João Sudário (2023).

A terceira consistiu em saídas de campo para observação da área de estudo registros fotográficos das áreas de interesse e registro das coordenadas geográficas dos pontos dos alagamentos. Foram analisadas as características dos usos do solo, das áreas circundantes ao locais alagáveis e identificação dos espaços potenciais para à implementação de técnicas compensatórias em drenagem urbana das águas pluviais.

A quarta etapa consistiu na confecção dos mapas em ambiente de SIG. Os processamentos digitais das imagens foram rodados no *software* QGIS with GRASS. O QGIS é um programa de livre acesso que permite o processamento de dados para análises geoespaciais em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas). Esses dados são visualizados e editados de acordo com as finalidades almejadas pelo pesquisador. O

complemento GRASS *with* GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) são softwares também em ambiente SIG para processamento de imagens, produção de mapas, gráficos, modelagem espacial e temporal (disponível em <qgis.org>).

Inicialmente, foi delimitada a poligonal da área de estudo a partir da qual foram recortadas as camadas matriciais (*rasters*) do MDT e das imagens do satélite CBERS4A para composição dos *layers* da área de estudo. Os *shapefiles* originários obtidos foram recortados conforme a área de interesse. Foram criadas novas camadas vetoriais das edificações, estacionamentos, áreas livres, áreas de uso especial, de uso comunitário e canteiros viários. Após foi confeccionado o mapa de localização da área de estudo, perímetro urbano da RAIL.

Os mapas de declividade e direção dos fluxos pluviais foram confeccionados com base no MDT, do programa TOPODATA, disponível no portal do INPE (BRASIL, 2022). A direção dos fluxos foi elaborada na extensão do GRASS, *flow direction*, do QGIS –.

De posse do mapa do cadastro da rede de drenagem urbana do Gama(DF) disponibilizado pela NOVACAP, das imagens de satélites da cidade no Google Earth Pro (2023) e do CBERS 4A, do INPE (BRASIL, 2022), além dos mapas de direção da drenagem e de declividade foram identificados as áreas alagáveis para compor o mapa dos pontos de alagamentos. A partir dos *shapfile* e do mapa anexo ao PDL do Gama(DF) foi confeccionado o mapa das principais avenidas da cidade, na escala 1:50000.

Na sequência de produção dos mapas foi elaborado o de susceptibilidade à formação de enxurradas, categorizando as vias urbanas em média e alta. A correlação do uso do solo com as áreas alagáveis foi obtida a partir do cruzamento dos mapas de declividade, direção dos fluxos dos escoamentos e da susceptibilidade à formação de enxurradas.

Após a delimitação da poligonal, foi realizada a tentativa fazer o mapeamento das áreas livres como condicionantes urbanos a partir das imagens do satélite CBERS4A, WPM, *level* 04, do dia 21 de setembro de 2021, bandas 01 – azul -, 02 – verde -, 03 – vermelho – 04 – infravermelho próximo e 0 – pancromática – esta com resolução espacial de 02, e aquelas, de 08 metros.

Para identificação dos alvos foi utilizado o método de classificação supervisionada Máxima Verossimilhança, por meio do *plug in* MAXVER, do QGIS. No entanto, o resultado foi insatisfatório, pois o nível de detalhamento em escalas urbanas inviabilizou a correlação da representação com os alvos para classificação adequada. Foram verificados a confusão dos alvos comprometendo a acurácia. Em razão disso, outra opção de mapeamento foi necessária.

Então, o processamento dos dados ocorreu a partir da classificação por fotointerpretação das imagens e, quando o caso, validação *in locu*. Assim, foi utilizado como apoio a imagem da área de estudo disponível no Google Earth Pro (2023), além das imagens aéreas dos anos de 2007 (resolução de 50cm) e 2021, disponíveis no GEOPORTAL (DISTRITO FEDERAL,2022). Os shapesfile baixados anteriormente da CODEPLAN e do GEOPORTAL foram incorporados na montagem digital dos mapas.

De forma suplementar, utilizou os arquivos do cadastro da rede de drenagem da localidade, georeferenciados no sistema SICAD/SEDUH, nas extensões .JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) e .PDF (*Portable Document Format*), disponibilizados pela Diretoria de Projetos da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (DIPROJ-NOVACAP).

As categorias de uso e ocupação do solo da área de estudo seguiu as orientações baseadas no Sistema Básico de Classificação e Cobertura de Uso da Terra (SCUT) (IBGE, 2013), com as adaptações pertinentes. Os usos considerados foram: áreas livres como condicionantes urbanos (de uso comum), canteiros viários, imóveis públicos (uso especial), equipamentos comunitários (as praças, quadras de esporte e PEC's), edificações, estacionamentos, áreas em transformações, vias pavimentadas e edificações futuras (essa apenas para o setor central). Os *layers* foram sobrepostos para montagem dos mapas, conforme a divisão da área para representação cartográfica.

Foram estabelecidos dois recortes temporais. O primeiro do ano de 2007, um ano após a aprovação do plano diretor local, e o segundo do ano 2021 para identificação dos eixos de transformação dos usos do solo. No mapa do ano de 2007, dividiu-se o perímetro urbano em sete zonas para representação cartográfica: central, oeste, norte, sul e zonas leste um, dois e três. Para o ano de 2021, a necessidade de maior detalhamento das informações, foram elaborados cinco mapas, na escala 1:2000, para representação da dinâmica expressada nos eixos de transformações de conteúdo espacial, a partir dos novos usos do solo urbano. As escalas foram selecionadas de acordo com sua adequação ao tamanho da área representada para melhor visualização dos usos do solo: de 1:10000/1:25000/1:50000/1:100000. Foram destacadas atividades comerciais e de serviços na cidade, os vetores de mudanças e seu potencial para processos de impermeabilização do solo em razão da demanda por estacionamentos.

Por fim, apresentação dos resultados, discussão e as considerações finais, sendo sintetizados as contribuições, limitações e sugestões para novos estudos sobre o tema pesquisado encerraram as etapas da pesquisa.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 INSTRUMENTOS DE GESTÃO DA DRENAGEM URBANA**

Neste tópico, serão abordados os regulamentos para concepção de projetos e realização de ações no manejo das águas pluviais aplicáveis ao espaço urbano. O território da Capital Federal não é organizado em municípios, sendo as cidades geograficamente divididas em Regiões Administrativas (RAs) sem autonomia político-administrativa. A gestão territorial urbana no Distrito Federal é centralizada, sendo as normas do arranjo institucional relativas à gestão da drenagem urbana aplicadas a todas as cidades, incluindo-se aí, o Gama (DF).

As principais normas são: o PDDU-DF (DISTRITO FEDERAL, 2009); o Manual de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2018a); a Resolução nº 9/2011 (DISTRITO FEDERAL, 2011), que estabelece procedimentos para obtenção de outorga de lançamento em cursos d'água; o Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial no Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2019). A análise abrange o PDL do Gama (DISTRITO FEDERAL, 2006) destacando aspectos do uso e ocupação do solo relacionados com a drenagem pluvial na cidade.

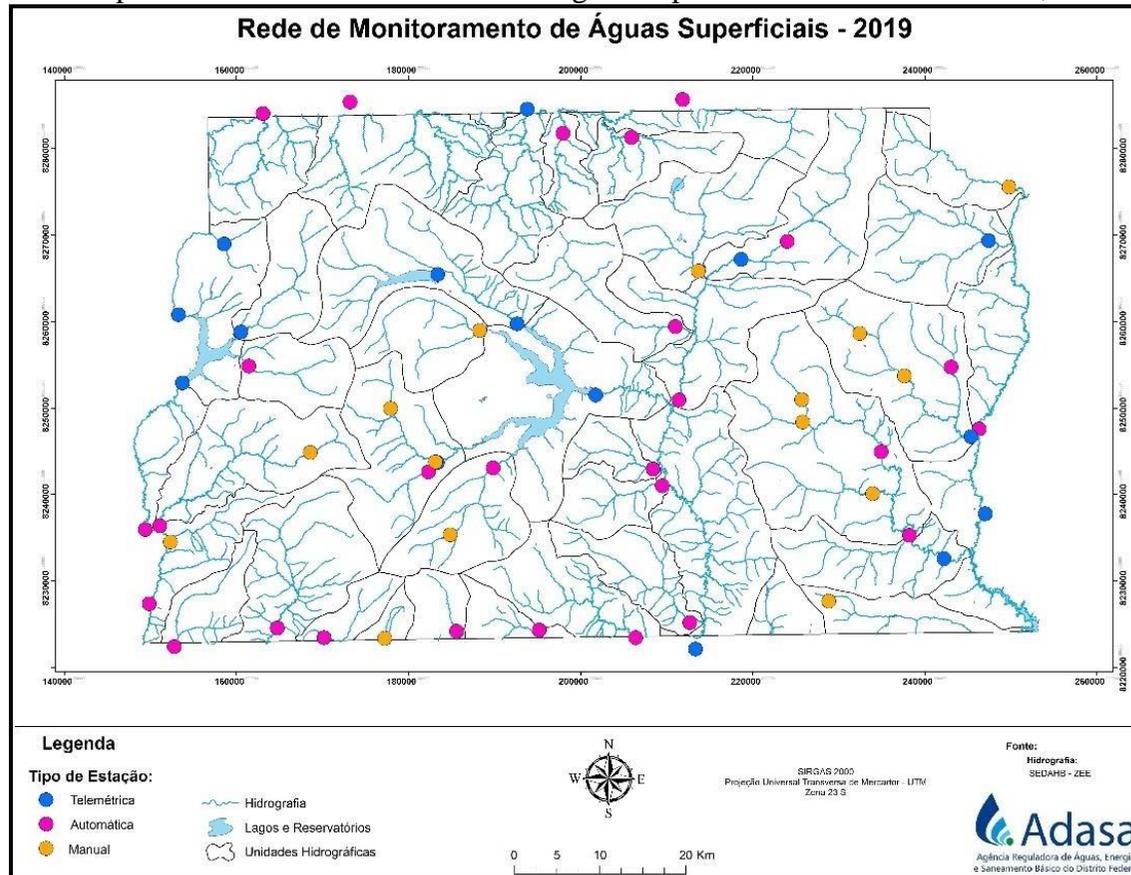
No Distrito Federal, de modo geral, a gestão governamental cabe ao ente político central (GDF). O planejamento, a regulação e a fiscalização da drenagem urbana descentralizada em diversos órgãos distritais (DISTRITO FEDERAL, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e). A Secretaria de Estado de Infraestrutura e Serviços Públicos do Distrito Federal (SINESPDF) e o Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos e das Águas Pluviais da Região Integrada do Distrito Federal e Goiás (CORSAP-DF/GO) são órgãos planejadores e políticos. A ADASA é o órgão regulador e fiscalizador. Vinculada à SINESPDF, a NOVACAP é o órgão concessionário de execução dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais. O Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF) é responsável pelos projetos e obras de drenagem nas rodovias do Distrito Federal. O IBRAM é a entidade responsável pelo licenciamento ambiental de obras de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

A Companhia do Metropolitano do Distrito Federal (METRÔ-DF), a TERRACAP, a Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Distrito Federal (CODHAB) e as Administrações Regionais são órgãos intervenientes no manejo de águas pluviais e sistemas de drenagem urbanas, pois acompanham as obras em execução dentro de seu território administrativo. A Ouvidoria Geral é o meio de comunicação entre o cidadão e o GDF. Ela repassa aos órgãos responsáveis os pedidos de substituição de bocas de lobo e informações sobre os casos de alagamentos nas cidades (DISTRITO FEDERAL, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d). A Administração Regional do Gama(DF), via Coordenadoria de Licenciamento, Obras e Manutenção (COLOM), em articulação com a NOVACAP, executa de forma complementar a manutenção da rede de drenagem existente (DISTRITO FEDERAL, 2022).

Alguns documentos apresentam abordagens que indicam a adoção de medidas compensatórias em drenagem urbana, visando atender o princípio do desenvolvimento de baixo impacto. Destaca-se o Manual de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2018b), que revisou e ampliou o PDDU-DF (DISTRITO FEDERAL, 2009). O manual supracitado atualizou as normas técnicas, incorporando propostas de melhorias para o manejo das águas pluviais no Distrito Federal. Destacam-se ainda diversas Resoluções da ADASA e o Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial no Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2019). O PDL (DISTRITO FEDERAL, 2006), que regulamenta o uso e ocupação do solo na cidade do Gama(DF) será analisado neste tópico.

Para o controle dos impactos da urbanização na quantidade e da qualidade das águas pluviais, exige-se a obtenção de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, baseando-se no princípio da “invariância hidráulica”. As intervenções urbanas devem ser acompanhadas de ações que promovam as condições ambientais precedentes do escoamento superficial (quantidade), afluentes das águas pluviais e garantia dos padrões dos corpos hídricos (qualidade), conforme o enquadramento estabelecido pelo Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal (CRH-DF). Para auxiliar nesse controle, a ADASA conta com uma rede de monitoramento das águas superficiais, tendo duas estações telemétricas na RA II, conforme apresentado na figura 5.1, a seguir.

Figura 5.1 – Mapa da Rede de Monitoramento de Águas Superficiais do Distrito Federal, 2019



Fonte: Distrito Federal (2019).

A Resolução nº 9/2011, da ADASA, estabelece os critérios técnicos para obtenção de outorga de lançamento de águas pluviais (DISTRITO FEDERAL, 2011). Para terrenos com área de 600m<sup>2</sup> ou mais, há o limite de vazão específica de 24,4l/s.ha (vinte e quatro inteiros e quatro décimos de litro por segundo por hectare) para obtenção de outorga para lançamento de águas pluviais para fora do lote, de modo que as águas precipitadas não devem ser drenadas diretamente para as ruas (DISTRITO FEDERAL, 2011).

O PDDU-DF tem como objetivo de gestão a compatibilização da urbanização e respectiva infraestrutura com o escoamento pluvial de forma a evitar impactos à sociedade e ao ambiente; regulamenta a vazão máxima, a qualidade da água, o combate à erosão e à produção de sedimentos, abordando sobre medidas alternativas de controle da drenagem urbana na fonte e na microdrenagem; e, reconhece que os modelos de drenagem urbana concebidos com sistemas para escoar a água precipitada o mais rapidamente para jusante agrava a situação (DISTRITO FEDERAL, 2009).

Tem-se ali a seguinte previsão de planejamento de drenagem urbana: integração aos planos diretores urbanos, de infraestrutura, saneamento ambiental e meio ambiente; o escoamento durante os eventos chuvosos não pode ser ampliado pela ocupação da bacia, de modo que cada usuário urbano não deve ampliar a cheia natural; deve contemplar o conjunto das bacias hidrográficas sobre as quais a urbanização se desenvolve, de modo que os impactos de uma área não podem ser reduzidos em detrimento de outra; considerar as áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas; o controle deve ser um processo permanente e com a participação da comunidade; a educação de profissionais, da população e dos gestores públicos, e o custo da implantação, operação e manutenção das medidas devem ser transferidos aos proprietários proporcionalmente à sua área impermeável (DISTRITO FEDERAL, 2009).

É importante registrar que entre as metas do PDDU-DF estão a eliminação dos alagamentos na cidade para o risco e cenário de ocupação do projeto, o cálculo do coeficiente de escoamento com base no somatório dos tipos e uso de solo para determinação do grau de impermeabilização da bacia, reavaliação dos sistemas de drenagem existentes para adequação às normas da ADASA e abertura de licenciamento ambiental (DISTRITO FEDERAL, 2009).

Além disso, prevê minimizar a poluição difusa visando a sustentabilidade de reservatórios a jusantes que fazem parte do sistema de abastecimento de água. Entre as estratégias busca evitar os impactos de novos empreendimentos nas cidades, adotando medidas não-estruturais e aplicando a legislação de controle dos impactos. Ressalta-se a

previsão de cobrança de uma taxa de drenagem de compensação por impactos individuais (DISTRITO FEDERAL, 2009). Para sistemas de drenagem pluviais existentes, a NOVACAP (DISTRITO FEDERAL, 2019) exige a reavaliação para adequação à Resolução nº 9/2011, da ADASA, onde não existe espaço físico livre

Visando manter a quantidade e qualidade despejada no corpo receptor, os projetos de controle deve se basear em estudos hidrológico específico, sobretudo, para determinar a complexidade prevista no manual – baixa, média e alta. Assim, dimensiona-se a vazão máxima gerada considerando a vazão específica, área do terreno e o percentual de impermeabilização. A recomendação é não lançar as águas pluviais diretamente nas ruas, sarjetas ou nas infraestruturas de drenagem sem medidas para conter ou retardar o lançamento, sem prejuízo de outras alternativas viáveis, construção de reservatórios de qualidade e quantidade (DISTRITO FEDERAL, 2018b).

Verificam-se ainda incongruências do PDDU-DF (DISTRITO FEDERAL, 2009) com o PDL do Gama(DF) (DISTRITO FEDERAL, 2006), apesar da previsão de articulação dos serviços de drenagem das águas pluviais aos planos diretores das cidades, pois este condiciona a aprovação de atividades na zona urbana às normas de licenciamento ambiental e à legislação específica. A ausência de indicação de aplicação de medidas compensatórias em drenagem urbana das águas pluviais, com a integração dos novos usos do solo à rede existente revela continuidade do modelo higienista/corretivo tradicional.

Registra-se que o “IPTU Verde” – Lei distrital de incentivo fiscal e ambiental (Lei nº 5.965, de 16 de agosto de 2017 (DISTRITO FEDERAL, 2017b), que poderia atuar como um instrumento financeiro e tributário, – foi uma boa iniciativa para a gestão da drenagem urbana no Distrito Federal. Porém, a implementação foi inviabilizada após ser declarada inconstitucional em 2020, pela Justiça, por vício formal e interferência nas áreas orçamentária e administrativa. Tinha como escopo incentivar a arborização, implantação de calçadas verdes, captação de água de chuva, sistema de reuso de água, implantação de telhado verde, separação de resíduos etc. (DISTRITO FEDERAL, 2017b).

## **5.2 O PLANEJAMENTO URBANO E O SISTEMA DE DRENAGEM IMPLEMENTADO NO GAMA(DF)**

Neste tópico, serão analisados os usos do solo previstos no PDL do Gama (DISTRITO FEDERAL, 2006), fazendo um recorte com os aspectos da drenagem urbana das águas pluviais a partir do sistema de implementado.

A planta urbanística e paisagística da localidade foi concebida sob o planejamento urbano moderno, paradigma presente na construção do Plano Piloto de Brasília. O formato urbanístico da cidade é conhecido como colmeia. O engenheiro Paulo Hungria e o arquiteto Gladson da Rocha foram os autores da planta urbanística da cidade. Dessa feita a cidade foi dividida em cinco setores, sendo quatro residenciais (norte, sul, leste e oeste) e um destinado ao comércio e serviços (central). As quadras têm o formato externo hexagonal e interno triangular, havendo em cada uma delas áreas destinadas ao comércio local. Entre casas e apartamentos, a cidade possui respectivamente 32.121 e 6.466, totalizando 38.587 domicílios ocupados, representando 98,4% (DISTRITO, 2018d). Há no perímetro urbano consideráveis áreas “livres” desafetadas para finalidades públicas, privadas ou coletivas. Esse fato serve como potencial para implementação de dispositivos compensatórios em drenagem urbana.

Conforme o PDOT (DISTRITO FEDERAL, 2017a), a área urbana, inserida na Zona Urbana de Dinamização, tem como diretrizes gerais de uso e ocupação do solo priorizar o adensamento e à expansão urbana, com ocupação de áreas urbanizadas consideradas ociosas e/ou flexibilização e diversificação de usos. Por outro lado, para evitar ocupações desordenadas e irregulares nos espaços especiais de proteção prevê-se fiscalização dos órgãos competentes e monitoramento especial pelo Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal (SGIRHDF) (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Em termos funcionais, o uso do solo urbano do Gama (DF), divide-se em residencial (unifamiliar e multifamiliar) e não-residencial (comercial, coletivo ou institucional e industrial). Para os usos não-residenciais as determinações são em função do porte e do incômodo gerado, ruídos, resíduos, poluição, riscos à segurança, à circulação viária, entre outros (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Para as categorias de lotes por uso, têm-se graus de restrições entre 0 a 5, conforme apresentado no quadro 5.1 e na figura 5.2, a seguir.

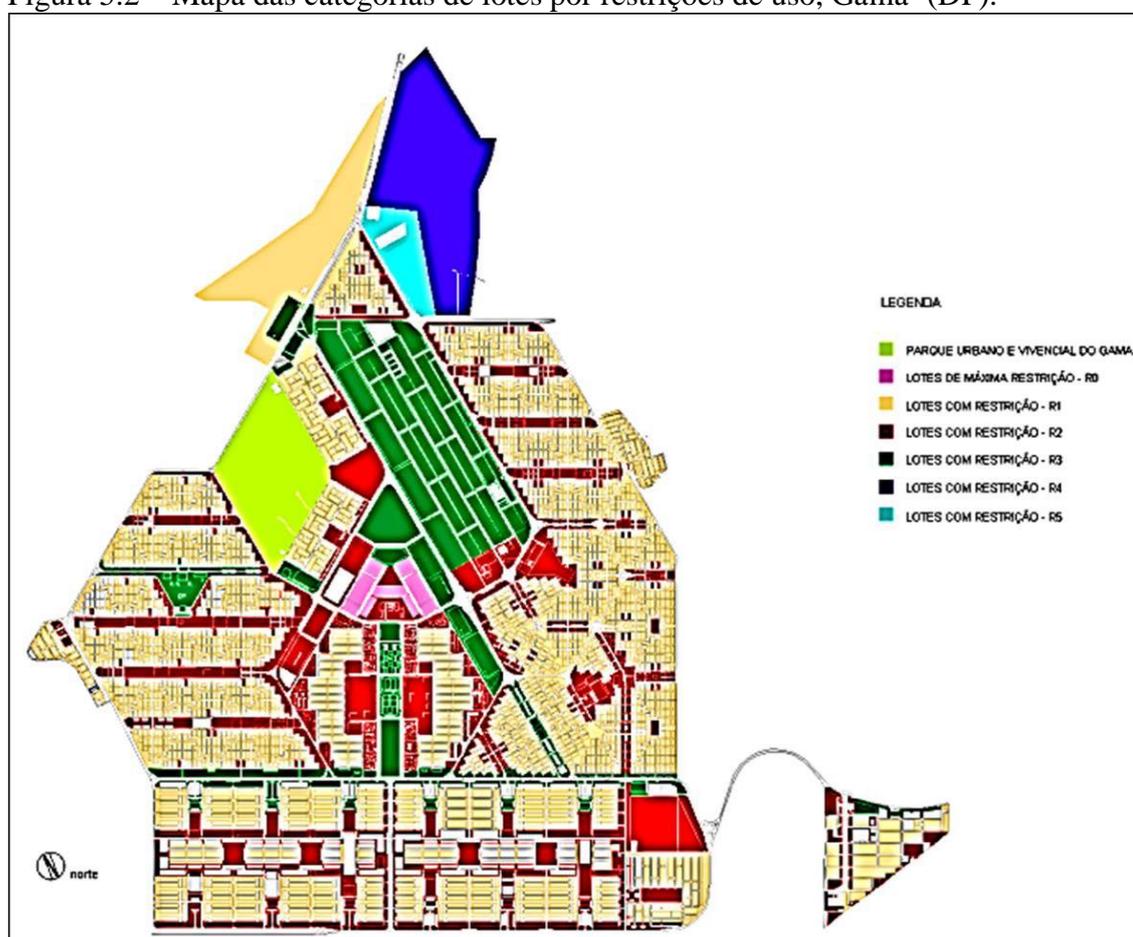
Quadro 5.1 – Categorias de Restrições de Uso do Solo por Lotes no Gama (DF)

Restrição	Atividades Permitidas
R0	Uso prioritário residencial
R1	Uso Misto: residencial e comércio de pequeno porte
R2	Uso misto: residencial, comércio em geral e coletivo, ou institucional
R3	Uso coletivo: residencial, comércio e indústria
R4	Uso coletivo: comércio, serviços, cultura, esporte e lazer
R5	Restrição à residência, exceto uma para zeladoria

Fonte: PDL, RA II (Distrito Federal, 2006).

O Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) é previsto para as atividades de incômodo de natureza especial. Se houver incômodo ambiental ou na infraestrutura existente, os órgãos competentes devem ser consultados (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Figura 5.2 – Mapa das categorias de lotes por restrições de uso, Gama<sup>5</sup>(DF).



Fonte: Anexo I, PDL, RA II (2006).

<sup>5</sup> Existe inclinação artificial de cerca de 30° no mapa em razão da manutenção de sua originalidade extraída do anexo I do PDL, Gama(DF)..

O porte, natureza e intensidade são caracterizados pela área de construção ocupada pela atividade no lote, podendo gerar entre outros incômodos os fluxos viários e ambientais, como a geração de ruídos, emissões de efluentes poluidores, além atração de automóveis. Por outro lado, as atividades que incomodam o bem-estar social e a qualidade de vida estão sujeitas à aprovação do órgão de planejamento urbano o EIV, ficando a cargo do proponente os custos quanto à adoção das medidas mitigadoras das interferências no ambiente (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Por outro lado, o PDL estabeleceu algumas áreas segundo as características geomorfológicas classificando-as em Áreas Especiais de Proteção, entre as quais: Área de Proteção de Manancial do Alagado, Área de Proteção de Manancial do Crispim; e, Área com Restrição Físico-Ambiental das Escarpas da Chapada da Contagem (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Estas áreas estão topograficamente a jusante da área de estudo. São áreas de encontro litológico na área entre a chapada da contagem e as regiões dissecadas de vale do Alagado/Ponte Alta. Essas áreas podem receber maior energia cinética das vazões das águas pluviais podendo causar processos erosivos na região.

Conforme o PDL esses espaços territoriais são considerados de proteção especial, denominados subárea de Proteção das Escarpas da Contagem, do sistema Área de Proteção das Escarpas da Chapada da Contagem. Por isso, está previsto a recuperação e trabalhos de paisagismo e lazer, a espaços de uso público ao ar livre, como praças, bosques, ciclovias, quadras de esporte, mirantes e quiosques (DISTRITO FEDERAL, 2006).

O plano diretor se apresenta como instrumento para promover a harmonização entre a sociedade e a natureza no disciplinamento do uso e ocupação do solo. Entre as finalidades, o plano prevê a compatibilização do desenvolvimento físico-territorial com as dimensões socioeconômica e ambiental, com a participação popular no planejamento urbano, incorporando o enfoque ambiental nas ações, programas e projetos com vistas à sustentabilidade econômica, social e ambiental (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Entretanto, em alguns aspectos as mudanças autorizadas no uso e ocupação do solo no Gama(DF) demonstram incongruências da relação sociedade, espaço e ambiente. Autoriza, no entanto, o aumento do coeficiente de densidade urbana potencializando práticas urbanas como a impermeabilização do solo com o aumento crescente das edificações (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Formalmente, o documento prevê o atendimento das funções sociais da cidade, o bem-estar dos habitantes, a gestão democrática no planejamento urbano, além da incorporação da dimensão ambiental no desenvolvimento sustentável da cidade como, por exemplo, a previsão de manutenção de uma taxa de permeabilidade do solo. Pode ser argumentado que as contradições são aparentes, vez que o plano diretor prevê estudos de impacto de vizinhança para controle de atividades incômodas, taxas de permeabilidade em função do tamanho dos lotes (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Entre as estratégias e objetivos, o PDL visa a dinamização territorial do Gama(DF), levando-se em conta seu papel de centralidade urbana sub-regional no eixo de expansão oeste-sudoeste envolvendo cidades do Distrito Federal e municípios de Goiás (DISTRITO FEDERAL, 2006). Apesar das finalidades ambientais elencadas, visando a preservação e qualidade ambiental e dos espaços públicos, com a redução da degradação ambiental e os custos da urbanização, a racionalidade intrínseca fomenta à adequação do uso do solo à dinâmica socioeconômica sobretudo do setor imobiliário.

Na cidade já consolidada, a reestruturação do espaço intra-urbano a partir da aprovação do PDL trouxe mudanças significativas nas normas de uso do solo, de modo que aumenta a verticalização da cidade e áreas outrora livres tiveram sua destinação alocadas para futuras edificações.

Analisando as estratégias para desenvolvimento urbano do Gama(DF), duas medidas podem aumentar a impermeabilização do solo. A flexibilização das regras de uso e ocupação do solo e a preferência ao adensamento urbano para a incorporação de novas áreas àquelas já constituídas. É o aumento do coeficiente de aproveitamento do imóvel cuja autorização depende do pagamento de uma taxa para obtenção da Outorga Onerosa do Direito de Construir (ODIR) (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Por outro lado, o plano diretor proíbe a impermeabilização total do solo por edificações ou pavimentações (DISTRITO FEDERAL, 2006). O percentual de permeabilidade é estabelecido em função do tamanho do lote. Aqueles com dimensões entre 201m<sup>2</sup> e 500m<sup>2</sup> a permeabilidade é na razão de 10%, de 20% para lotes entre 501m<sup>2</sup> e 2.000m<sup>2</sup> de área, e correspondente a 30% para áreas acima desta área (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Contudo, não exige área permeável para lotes com até 200m<sup>2</sup> de extensão. Além disso, excetua-se da taxa de permeabilidade os lotes localizados no setor central, do setor hoteleiro e as respectivas projeções e para os lotes com as divisas voltadas para a Avenida Comercial dos Pioneiros (Pistão Sul).

Mas, não há fiscalização a *posteriori* e sim previamente no momento da apresentação do projeto de construção. As exceções previstas, além de serem incongruentes com a Resolução nº 9/2011, da ADASA (DISTRITO FEDERAL, 2011), potencializa os impactos em áreas da cidade que mais sofrem os efeitos dos alagamentos, como o pistão sul, pois está situado em cota altimétrica mais baixas do perímetro urbano.

Os usos do solo permitidos no Setor Central e Avenida dos Pioneiros, contem lotes com quatro diferentes categorias de graus de restrição de uso, quais sejam:

- R0 – prioridade máxima ao uso residencial;
- R1 – uso misto entre residência e comércio de pequeno porte;
- R2 – uso misto entre residência, institucional e comércio em geral e coletivo, e
- R3 – uso coletivo, residência, comércio e indústria.

De modo geral, o plano promove o aumento do coeficiente de ocupação urbana. O plano prevê a densificação da cidade, impondo poucas perspectivas e muitos desafios para a aplicação de técnicas compensatórias em drenagem sustentável. A soma de vários lotes edificadas, residencial, comercial ou industrial, promove a impermeabilização do solo, aumenta as vazões e os escoamentos superficiais, e ao aderir ao princípio de afastamento das águas pluviais o mais rápido possível (TUCCI, 2007) aumenta em magnitude a vazão pressionando a rede existente, que já é precária em razão da concepção imediatista, e promovendo alagamentos na cidade. Neste contexto, há que se corrigir os problemas nas áreas consolidadas e, onde terão novas edificadas, implementando medidas de controle na fonte visando baixar o hidrograma na microdrenagem (TUCCI, 2007).

Em estudo sobre a mudança de uso do solo no Gama(DF), aprovada no PDL, Ferreira (2014, p. 3-8) aponta os antagonismos entre o excesso de diretrizes presentes nos planos diretores e a incapacidade de o poder público em aplica-los, sobretudo sem observar regras fundamentais como o EIV, resumindo:

Amparado no paradigma da transformação urbana a partir do incentivo ao adensamento, o Plano Diretor Local do Gama criou uma situação “inversa” de planejamento, pois foram definidos parâmetros urbanísticos e extensão de uso habitacional sem estudos técnicos que os amparassem. Aliados a omissão do poder público na exigência do projeto de urbanismo especial e da elaboração do EIV para os novos empreendimentos, podemos inferir que o problema se deu desde o início do processo de elaboração do Plano Diretor Local.

Dessa feita, Ferreira (2014) assinala que somente no setor de indústria havia previsão de 150 mil habitantes, sendo que atualmente toda a cidade conta com pouco mais de 130 mil

pessoas. Essas incongruências entre a realidade material e a legalidade formal são escamoteadas nos contextos dos conceitos jurídicos gerais e indeterminados sem mecanismos efetivos de concretização são outros problemas dos planos diretores. A promoção da qualidade de vida urbana, recuperação e preservação dos recursos naturais (DISTRITO FEDERAL, 2006) são exemplos que remetem a compromissos assumidos formalmente.

O PDL menciona a aderência a novas concepções em drenagem urbana sem, contudo, levar em conta os princípios de drenagens urbanas sustentáveis. Outro indicativo de ausência de incorporação à dimensão técnico-institucional nas abordagens de desenvolvimento de baixo impacto, aplicando-se medidas compensatórias, diz respeito à maneira como o referido Plano Diretor aborda as áreas livres, ou seja, vazios urbanos.

Entre outras intervenções urbanas no Setor Central, o PDL prevê a construção de inúmeras edificações, como os módulos de serviços e comércio, a criação do centro desportivo no Centro de Ensino Médio 02 (CEM 02) e a criação de unidade imobiliária próxima à projeção “A”, da quadra central. Os lotes 01 e 13, da Praça 01 do Setor Central, serão destinados a equipamentos públicos comunitários de cultura e biblioteca (Casa da Cultura e Biblioteca Pública do Gama). No aspecto da circulação, existe a previsão de ampliação do número de vagas para estacionamentos no Setor Central (DISTRITO FEDERAL, 2006).

Em relação ao sistema de drenagem urbana implementado no Gama(DF) foi verificado que segue o padrão do modelo tradicional, corretivo e higienista. Coaduna com o Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial no Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2019), em que se concebe o modelo que busca a eficiência hidráulica, embora mencione a aplicação de técnicas integradoras em seu contexto.

O planejamento indutor da reestruturação do espaço urbano no Gama(DF) retroalimenta, portanto, o modelo tradicional de drenagem urbana. Perde-se a oportunidade de avançar integrando novos padrões de drenagem urbana sustentável e aspectos integradores ao planejamento da cidade. Atuando na prática apresentar a cidade como modelo de drenagem urbana sustentável, atribuindo-lhe o título de cidade “esponja”, em razão de seus atributos naturais, como o relevo favorável e a existência áreas livres na cidade.

A cidade do Gama (DF) conta a separação entre os sistemas de drenagem das águas pluviais e o de esgotamento sanitário. As águas pluviais, além da drenagem via escoamento superficial, são captadas na rede que se estrutura das cotas altas às mais baixas da topografia,

de montante a jusante, paralelamente às principais vias de circulação viária, sendo conduzidas respectivamente nas direções leste, sul e oeste (DISTRITO FEDERAL, 2022).

A rede construída é constituída por condutos com 400mm de diâmetro, poços de visitas, bocas-de-lobo e grelhas (boca-de-leão). Existem 65 bocas de lobo na avenida dos Comercial dos Pioneiros, sendo 33 na pista norte e 32 na pista sul. Existem seis bocas-de-lobo e 34 grelhas (boca-de-leão) na Avenida Comercial dos Bombeiros/Lobão. Existem 12 bocas-de-lobo na Avenida Paulo Hungria (Komper). Existem duas bocas-de-lobo na Avenida do SESI. Existem 26 bocas-de-lobo na Avenida JK (CEM 02). Existem 65 grelhas (bocas-de-leão) na Avenida Itamaracá. Existem 13 bocas-de-lobo e três grelhas (bocas-de-leão) na Avenida Wagner Piau de Almeida (14ª Delegacia de Polícia – 14ª DP). Existem nove bocas-de-lobo e 12 grelhas (bocas-de-leão) na Avenida Lourival Bandeira (9º Batalhão da Polícia Militar – 9º BPM). Existem dez bocas-de-lobo na Avenida do Shopping. Existem seis bocas-de-lobo e 18 grelhas (bocas-de-leão) na Avenida do Sayonara. Existem 29 e 23 bocas-de-lobo/ grelhas “boca de leão”, respectivamente, nas avenidas Centro Oeste e Centro Leste (HRG). Existem 42 bocas-de-lobo na Avenida Contorno Leste. Existem 37 bocas-de-lobo e 17 grelhas (bocas de leão) na Avenida do Contorno Oeste. Existem 17 bocas-de-lobo na Avenida do Parque Urbano. Além disso, existem bocas de lobo localizadas nas vias internas dos setores da cidade.

Neste contexto, na cidade prevalece o princípio equivocado de que, segundo Tucci (2007, p. 185): “A melhor drenagem é aquela que escoar a água da chuva o mais rápido possível para jusante”. Na perspectiva do desenvolvimento urbano sustentável, este modelo no curto e médio prazo mostra-se ineficiente, pois potencializa danos materiais e sociais.

Apesar da história da cidade do Gama(DF) está ligada ao planejamento urbano, esse planejamento vigente teve a racionalidade técnica e setorial sem considerar outras dimensões espaciais como a integração de elementos socioambientais. Neste contexto, o sistema de drenagem das águas pluviais concebido e aplicado conforme a eficiência hidráulica, privilegia o escoamento superficial e a captação das águas o mais rápido possível de um ponto a montante direcionando-o para outro ponto a jusante (TUCCI, 2007). Segundo a percepção da população local, 72% tinham consciência da existência de rede de águas pluviais, e 31% relataram problemas com alagamentos que as ruas em épocas chuvosas (DISTRITO FEDERAL, 2018d).

Por outro lado, um dos aspectos fundantes para implantação de sistemas de drenagem sustentável diz respeito à alocação de espaços nas cidades (CANHOLI, 2005). No espaço

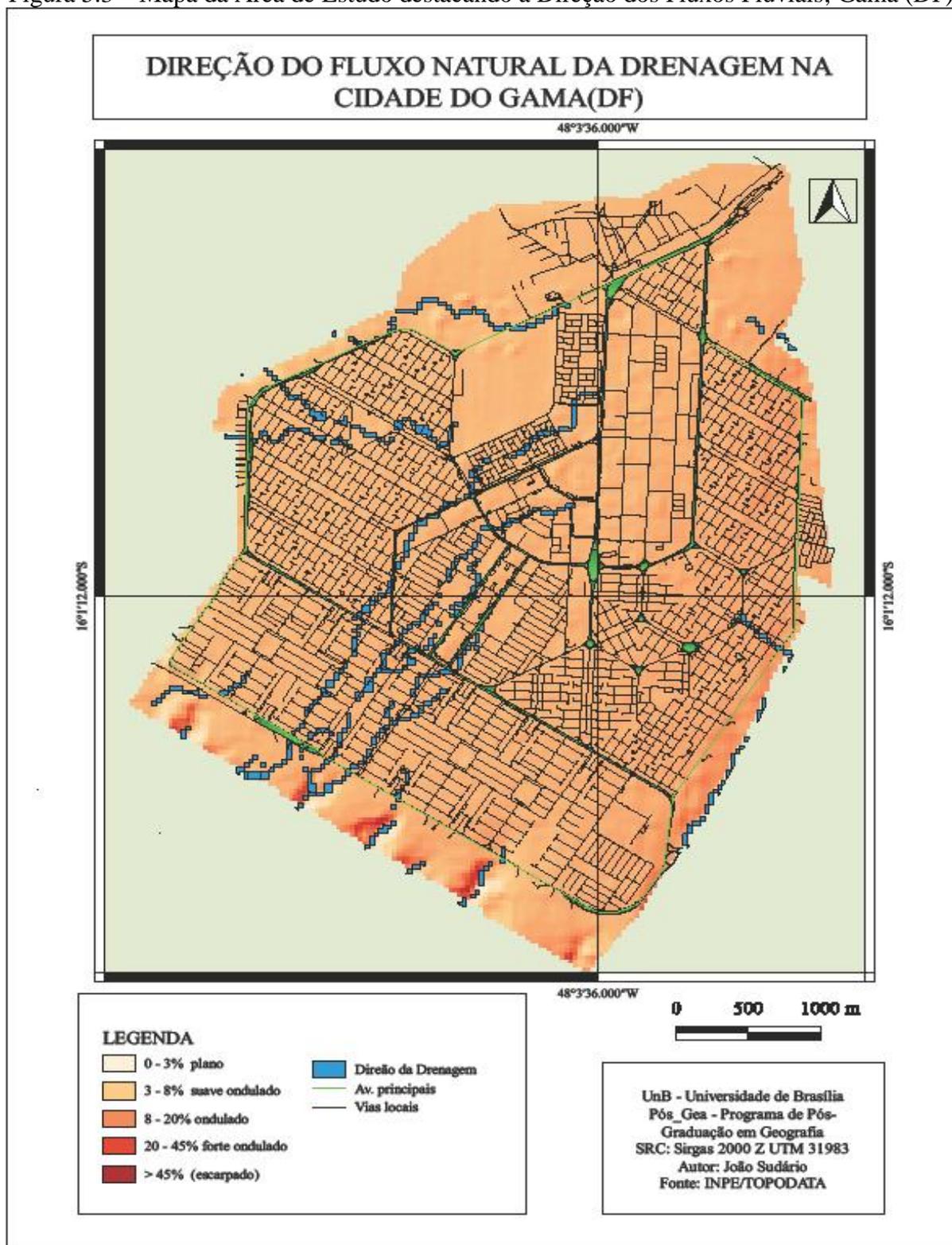
urbano determina-se o preço no mercado imobiliário sobretudo a partir da localização e da extensão do terreno, prevalecendo o valor de troca sobre o valor de uso. De modo geral, o processo de expansão do espaço urbano é capitaneado de fora para dentro do espaço vivido, ou seja, de forma exógena e verticalizada.

Portanto, na equação planejamento urbano e gestão das águas pluviais, o plano paradoxalmente promove a densificação da cidade, não considera aspectos socioambientais como o sistema bacia hidrográfica em seu conjunto, e tampouco prevê medidas não-estruturais complementares ao sistema tradicional implantado. Em vez de integrar nos planos os mecanismos naturais de escoamento e infiltração das águas pluviais e democratizar o processo, dando vez à população local, priorizou a racionalidade capitalista da valorização da terra intra-urbana em detrimento de uma abordagem socioambiental.

## **5.2 OS USOS DO SOLO URBANO E OS PONTOS DE ALAGAMENTOS**

Neste tópico, serão analisados os usos do solo no Gama (DF) identificando as linhas de drenagem, a susceptibilidade de formação de enxurradas e os pontos dos alagamentos, suas causas, entre as quais a impermeabilização do solo e a configuração do sistema viário. Após a caracterização do processo de formação das enxurradas representadas nas figuras 5.3/5.4, foi possível constatar que as áreas sujeitas aos alagamentos são potencializadas a partir da susceptibilidade de formação de enxurradas e impermeabilização do solo.

Figura 5.3 – Mapa da Área de Estudo destacando a Direção dos Fluxos Pluviais, Gama (DF)

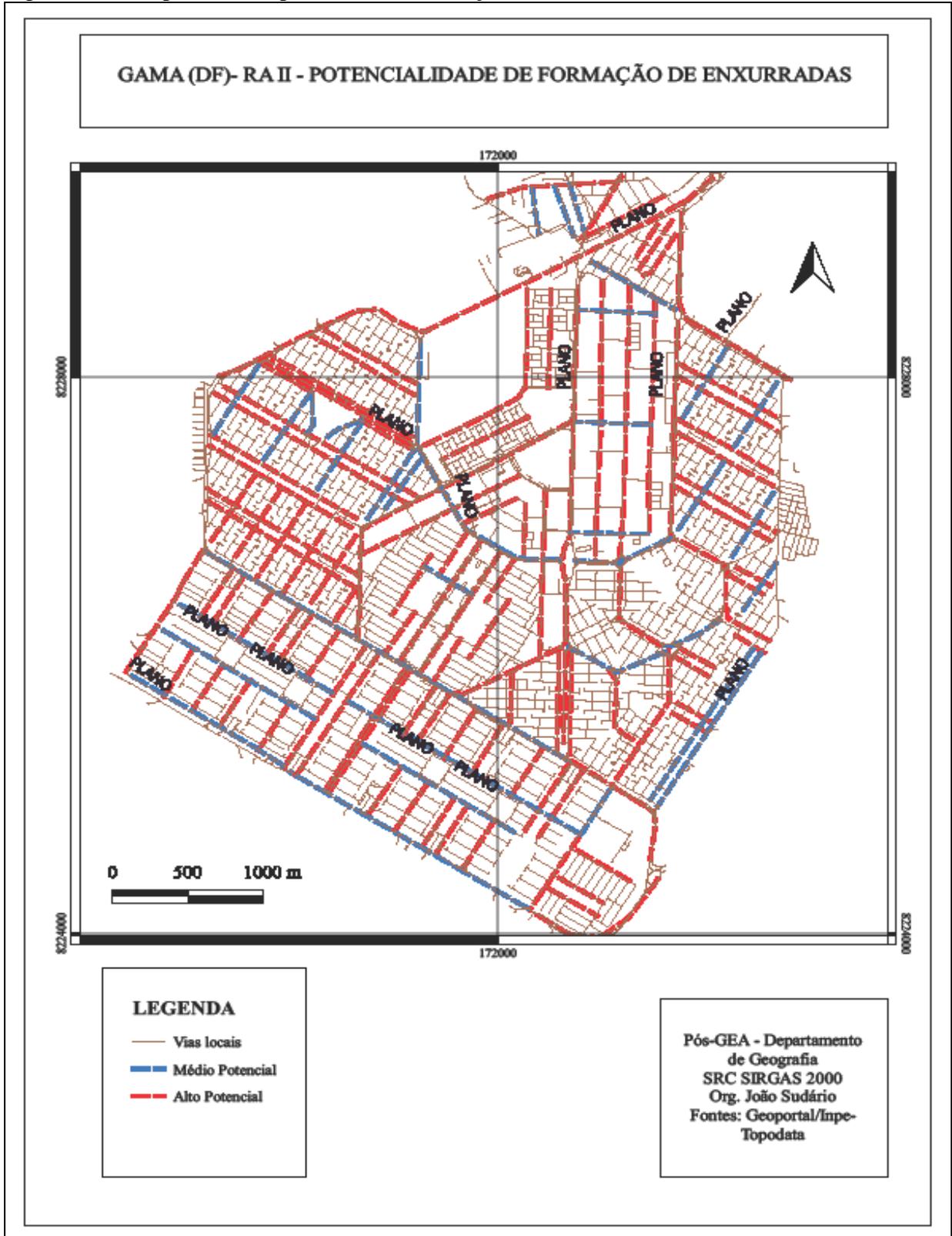


Fonte: SILVA, João Sudário (2023).

De modo geral, os pontos de alagamentos coincidem com os pontos de congestionamentos do trânsito. Esses estão localizados nas confluências das principais

avenidas. Isso indica uma associação entre o relevo, a direção do sistema viário e a formação das enxurradas.

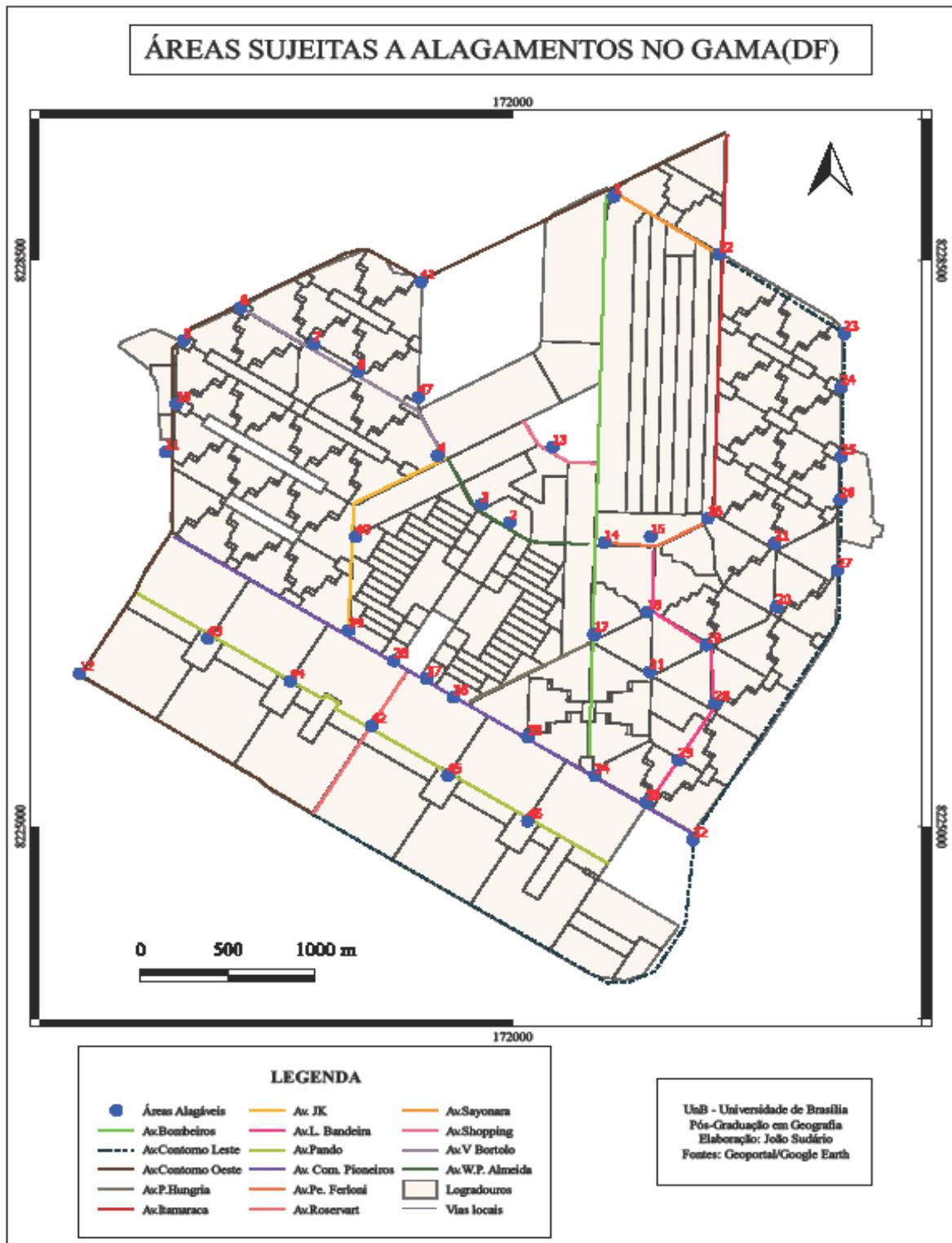
Figura 5.4 – Mapa de Susceptibilidade à Formação de Enxurradas na Área de Estudo



Fonte: SILVA, João Sudário da. (2023)

Em campo, constatou que nas áreas circundantes aos locais alagáveis existem condicionantes urbanas para à implantação dos dispositivos de controle dos alagamentos. O estudo permitiu identificar 47 (quarenta e sete) pontos de alagamentos na área urbana do Gama(DF), sendo 38 (trinta e oito) situados nas principais avenidas da cidade. A figura 5.6, a seguir, representa esses pontos.

Figura 5.5 – Mapa dos Pontos de Alagamentos na Área de Estudo



Fonte: SILVA, João Sudário da.(2023)

- Ponto 1 – Balão do Sayonara – localizado na latitude  $16^{\circ}59'57''\text{S}$  e longitude  $-48^{\circ}03'33''\text{O}$ , na saída norte na entrada da cidade, área conhecida como balão do Sayonara. Encontra-se na cota mais alta da cidade (1189m), e favorece a formação de enxurradas. Os alagamentos no local são mais devido a obras de engenharia viária e deficiência da rede de drenagem implantada que pelo relevo. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, constatou-se que há espaços livres, identificados no mapa de áreas impermeáveis e áreas livres, aptas para implementação de trincheira de infiltração.

- 

Figura 5.6 – Ponto de Alagamento na Avenida Wagner P. Almeida



- 

- Fonte: SILVA, João Sudário da..(2022)

- Pontos 2 e 3 – localizado na latitude  $-16^{\circ}01'08''\text{S}$  e longitude  $-48^{\circ}08'49''$  e  $-16^{\circ}00'96''\text{S}$  e longitude  $-48^{\circ}08'60''\text{O}$ , no setor central da cidade, avenida Wagner Piau de Almeida (figura 5.6). Encontra-se na cota intermediária da cidade (1148m), de forma perpendicular à declividade, sendo que a formação dos alagamentos ocorre por dois principais fatores: a alta taxa de impermeabilização a montante e falta de capacidade de absorção das águas pela rede de drenagem existente. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, constatou-se que existem áreas aptas para implementação de trincheiras de infiltração e pavimentos permeáveis. Neste último caso, entretanto, os pavimentos poderão ser implementados em áreas

privadas, pois existem projeções previstas para edificação de unidades multifamiliares.

Figura 5.7 – Imagem aérea de ponto de alagamento na Av. Wagner P. Almeida



- 
- Fonte: GOOGLE EARTH (2023)
- 
- Ponto 4 – localizado na latitude  $-16^{\circ}00'48''S$  e longitude  $-48^{\circ}04'08''$  -, entre os setores central e oeste da cidade, avenida Juscelino Kubitschek. Encontra-se na cota intermediária da cidade (1146m), de forma paralela à declividade, sendo que a formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: alta probabilidade à formação de enxurradas da avenida do SESI, falta de capacidade de absorção das águas pela rede de drenagem existente e alta taxa de impermeabilização a montante, sobretudo pelo prédio da Feira Permanente (área) e diante do processo de dinamização socioeconômica que vem ocorrendo na avenida, representada pela formação de atividades comerciais e de serviços, o que tem atraído um fluxo intenso de pessoas e veículos, levando à necessidade de construção de vários estacionamentos. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, contatou-se que existem áreas livres aptas para implementação de trincheira de infiltração lineares à avenida e pavimentos permeáveis nos estacionamentos que estão sendo construídos. Existem alguns feitos com bloquetes, porém sem os devidos cuidados técnicos. As figuras 5.8 e 5.9, a seguir, apresentam um trecho alagado.

Figura 5.8 – Ponto alagável na Avenida JK, área de estudo, Gama (DF)



Fonte: SILVA, João Sudário da.(2022)

Figura 5.9 – Vista aérea de ponto alagável na Avenida JK



Fonte: GOOGLE EARTH (2023)

A Avenida JK, situada na localidade em questão e apresentada nas figuras 5.7 e 5.8, divide o Setor Oeste e Central, sendo um importante eixo de ligação da cidade no sentido norte/sul. O ponto alagado localiza próximo da Feira Permanente e a jusante da Avenida do Sesi, que divide os setores Norte/Central, onde a paisagem vem se transformando, de área residencial para o uso misto, em razão da reestruturação intra-urbana, com incremento do comércio, de serviços e templos religiosos, cuja consequência é a alocação dos espaços para estacionamentos, aumentando a taxa de impermeabilização do solo e, conseqüentemente, diminuindo as áreas verdes.

Figura 5.10 – Ponto alagável na Avenida Contorno Oeste



- Fonte: SILVA, João Sudário da.( 2022)
- Pontos 5, 6, 7 e 8 – localizados respectivamente na latitude  $-16^{\circ}00'30''S$  e longitude  $-48^{\circ}04'58''$ ; latitude  $16^{\circ}00'24''S$  e longitude  $-48^{\circ}04'28''$ ; latitude  $-16^{\circ}00'16''S$  e longitude  $-48^{\circ}04'46''$ , e localizado na latitude  $-16^{\circ}00'23''S$  e longitude  $-48^{\circ}04'56''$  -, no setor oeste da cidade, avenidas Vedovelli Bortolo e Contorno Oeste (figuras 5.10/5.11). Encontram-se nas cotas intermediárias às baixas da cidade (1138, 1136, 1115 e 1110m), de forma perpendicular à declividade norte/sul, sendo que a formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: a avenida situa-se a jusante o Parque Urbano do Gama(DF), alta probabilidade à formação de enxurradas na própria

avenida, alta probabilidade à formação de enxurradas oriundas da avenida e das avenidas perpendiculares internas, de montante à jusante (Qds. 06/09;8/10), falta de capacidade de absorção das águas pela rede de drenagem existente e alta taxa de impermeabilização circundante. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, constatou-se que existem espaços livres aptas para implementação de bacia de retenção associado com trincheiras de infiltração e além de substituição de pavimentos “permeáveis” existentes nos estacionamentos construídos ao longo da avenida.

Figura 5.11 - Vista aérea de ponto alagável na Avenida Contorno Oeste



- Fonte: GOOGLE EARTH (2023)
- Pontos 9, 10 e 11 – localizados respectivamente na latitude  $-16^{\circ}00'23''S$  e longitude  $-48^{\circ}04'46''$ ; latitude  $-16^{\circ}00'49''S$  e longitude  $-48^{\circ}04'58''$  e latitude  $-16^{\circ}00'60''S$  e longitude  $-48^{\circ}04'58''$ , no setor oeste da cidade, avenida Contorno Oeste. Encontra-se em cotas baixas da cidade (1110, 1107 e 1102m), de forma paralela à declividade norte/sul, sendo que; 11/15;16/12;17/13;18/14 – no ponto 9), (Qds. 19/22; 20/23;24/21 – no ponto 10), (Qds. 28/25; 32/26;29/27 – no ponto 11), falta de capacidade de absorção das águas pela rede de drenagem existente e alta taxa de impermeabilização circundante. Por meio de interpretação das imagens de satélite e

observação em campo constatou-se que existem áreas livres aptas para implementação de trincheiras de infiltração paralelas às vias e além de construção de pavimentos permeáveis, telhados verdes nas projeções previstas ao longo das avenidas internas.

- Ponto 12 – localizado na latitude  $-16^{\circ}01'26''S$  e longitude  $-48^{\circ}05'16''$  - no setor sul da cidade, avenida Contorno. Encontra-se em cotas baixas da cidade (1066), de forma perpendicular à declividade norte/sul, sendo que os alagamentos estão associados aos seguintes fatores: alta velocidade e energia dos escoamentos superficiais, falta de capacidade de absorção das águas pela rede de drenagem existente e alta taxa de impermeabilização circundante. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, constatou-se que existem áreas livres aptas para implementação de trincheiras de infiltração paralelas às vias, além de construção de pavimentos permeáveis, telhados verdes nas projeções previstas ao longo das avenidas internas.
- Ponto 13 – localizado na latitude  $-16^{\circ}00'47''S$  e longitude  $-48^{\circ}08'49''$  - no setor central, avenida do Gama Shopping. Encontra-se na cota intermediária da cidade (ambos 1158m), de forma perpendicular à declividade, sendo que a formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: alta taxa de impermeabilização do solo em função do estacionamento do estádio Bezerrão, falta de capacidade de absorção do fluxo das águas pela rede de drenagem existente. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, constatou-se que existem áreas livres aptas para implementação de dispositivos compensatórios. Registra-se que o pavimento construído para o estacionamento do estádio foi com bloquetes permeáveis, porém devido à falta de manutenção perdeu-se a finalidade concebida. Quanto ao Gama Shopping pode ser implementado o telhado verde e a substituição do pavimento maciço para o permeável
- Ponto 14 – Localiza-se no setor leste da cidade, avenida dos Bombeiros, no balão do Hipermercado Dia-a-Dia, latitude  $-16^{\circ}01'08''S$  e longitude  $-48^{\circ}03'37''O$ . Encontra-se na cota altimétrica 1146m de forma paralela à declividade norte/sul, sendo que a formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: a alta probabilidade à formação de enxurradas de da avenida dos Bombeiros, obra viária inadequada e falta de capacidade de absorção do fluxo das águas pela rede de drenagem existente. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, constatou-se que existem áreas livres aptas para implementação de trincheira de infiltração e jardins de chuva. Adicionalmente, poderá ser implementada trincheiras de infiltração ao longo da

avenida dos Bombeiros para mitigar o volume do escoamento superficial. Observa-se nesse ponto que poderá haver agravamento do volume dos alagamentos na área, pois se trata de área a jusante de outra situada a montante em plena transformação de sua dinâmica socioespacial, pelo surgimento de várias atividades socioeconômicas ao longo da avenida.

- Ponto 15 – Localiza-se no setor leste da cidade, avenida Pe. Alessandro Ferloni, no balão da Igreja São Sebastião, latitude  $-16^{\circ}01'04''S$  e longitude  $-48^{\circ}03'24''O$ . Encontra-se na cota altimétrica 1151m, de forma paralela à declividade norte/sul, sendo que a formação dos alagamentos ocorre por dois principais fatores: a alta probabilidade à formação de enxurradas de uma avenida interna do Setor Leste/Industria e falta de capacidade de absorção do fluxo das águas pela rede de drenagem existente. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, constatou-se que existem áreas livres aptas para implementação de trincheira de infiltração associado com pavimentos permeáveis e bacia de detenção/retenção no parque de recreação leste. Observa-se nesse ponto que poderá haver agravamento do volume dos alagamentos na área, pois se trata de área a jusante de área em plena transformação de sua dinâmica socioespacial, pelo surgimento de vários empreendimentos imobiliários do tipo clube/residência, atraindo contingentes de pessoas e automóveis, ressaltando inclusive que existe um embargo judicial por não ter havido o devido processo de estudo de impacto de vizinhança.
- Ponto 16 – situa-se no setor leste da cidade, final da Avenida Itamaracá, latitude  $-16^{\circ}00'59''S$  e longitude  $-48^{\circ}03'15''O$ . Encontra-se na cota altimétrica 1152m, de forma paralela à declividade norte/sul, sendo que a formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: a alta probabilidade à formação de enxurradas na avenida Itamaracá, falta de capacidade de absorção do fluxo das águas pela rede de drenagem existente e por se tratar de uma antiga cabeceira de drenagem pré-urbanização cuja derivação da obra viária construída resultou numa espécie de bacia. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, constatou-se que existem áreas livres aptas para implementação de trincheira de infiltração associado com pavimentos permeáveis e bacia de detenção/retenção no final da avenida. Observa-se nesse ponto que poderá haver agravamento do volume dos alagamentos na área, pois se trata de um eixo em plena transformação de sua dinâmica socioespacial, pelo surgimento de várias atividades socioeconômicas na parte residencial da avenida

Itamaracá, atraindo contingentes de pessoas e automóveis, havendo por isso demanda pela construção de estacionamentos.

- Ponto 17 – Localiza-se no setor leste da cidade, Avenida dos Bombeiros, próximo ao balão das Quadras Comerciais 37/38 (Lobão Ferragens), latitude  $-16^{\circ}01'24''S$  e longitude  $-48^{\circ}03'39''O$ . Encontra-se na cota altimétrica 1132m de forma paralela à declividade norte/sul, sendo que a formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: a alta probabilidade à formação de enxurradas de da avenida dos Bombeiros, obra viária inadequada e falta de capacidade de absorção do fluxo das águas pela rede de drenagem existente. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, constatou-se que existem áreas livres aptas para implementação de trincheira de infiltração e jardins de chuva, especialmente no primeiro balão. Adicionalmente, poderá ser implementada trincheiras de infiltração ao longo da avenida dos Bombeiros para mitigar o volume do escoamento superficial. Observa-se nesse ponto que poderá haver agravamento do volume dos alagamentos na área, pois se trata de área a jusante de outra situada a montante em plena transformação de sua dinâmica socioespacial, pelo surgimento de várias atividades socioeconômicas ao longo da avenida.
- Pontos 18, 19, 20 e 21– Localizam-se no setor leste da cidade, sendo as duas primeiras na avenida Lourival Bandeira e as demais na via arterial que acessa o setor leste 1, e avenida do contorno leste. As coordenadas são: latitude  $16^{\circ}01'07''S$  e longitude  $48^{\circ}03'03''O$ , na cota altimétrica 1138m; latitude  $-16^{\circ}01'19''S$  e longitude  $-48^{\circ}03'04''O$ , na cota altimétrica 1125m; latitude  $-16^{\circ}01'26''S$  e longitude  $-48^{\circ}03'15''O$ , na cota altimétrica 1123m e latitude  $-16^{\circ}01'30''S$  e longitude  $-48^{\circ}03'28''O$ , na cota altimétrica 1131m. Configuram-se de forma paralela à declividade norte/sul, sendo que a formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: a alta probabilidade à formação de enxurradas nas avenidas Itamaracá, das vias internas locais e por uma via interna do setor Industrial/Leste, obra viária inadequada e falta de capacidade de absorção do fluxo das águas pela rede de drenagem existente. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, foi verificado que existem áreas livres aptas para implementação de trincheira de infiltração e jardins de chuva. Adicionalmente, poderá ser implementada trincheiras de infiltração ao longo da avenida da avenida Itamaracá para mitigar o volume do escoamento superficial. Observa-se nesse ponto que poderá haver

agravamento do volume dos alagamentos nas áreas, pois a montante vem ocorrendo transformações socioespaciais na avenida Itamaracá decorrentes da dinamização socioeconômica e pelo surgimento de vários empreendimentos imobiliários do tipo clube/residência, atraindo contingentes de pessoas e automóveis, ressaltando neste último caso que existe um embargo judicial por não ter havido o devido processo de estudo de impacto de vizinhança.

Figura 5.12 – Ponto alagável na Avenida Contorno Leste



Fonte: SILVA, João Sudário da.( 2022)

- 
- Ponto 22 –. Localiza-se no setor leste da cidade, balão da Skol, avenida Itamaracá, próximo à Ambev, latitude  $-16^{\circ}60'50''S$  e longitude  $-48^{\circ}02'22''O$ . Encontra-se na cota altimétrica 1189m de forma diagonal à declividade norte/sul, sendo que a formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: formação de enxurradas nas quadras internas da xis leste e falta de capacidade de absorção do fluxo das águas pela rede de drenagem existente. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, contatou-se que existem áreas livres aptas com potencial para implementação de técnicas compensatórias em drenagem urbana.

Figura 5.13 – Vista aérea da Avenida Lourival Bandeira



- Fonte: GOOGLE EARTH (2023)
- Pontos 23, 24, 25, 26 e 27 – Localizam-se no setor leste da cidade, avenida Contorno Leste, respectivamente, nas coordenadas: latitude  $-16^{\circ}00'47''S$  e longitude  $-48^{\circ}02'50''O$ , na cota altimétrica 1140m; latitude  $-16^{\circ}00'34''S$  e longitude  $-48^{\circ}02'49''O$ , na cota altimétrica 1145m; latitude  $-16^{\circ}01'02''S$  e longitude  $-48^{\circ}02'50''O$ , na cota altimétrica 1129m; latitude  $-16^{\circ}01'00''S$  e longitude  $-48^{\circ}02'52''O$ , na cota altimétrica 1132m; latitude  $-16^{\circ}01'21''S$  e longitude  $-48^{\circ}02'51''O$ , na cota altimétrica 1105m e latitude  $-16^{\circ}02'05''S$  e longitude  $-48^{\circ}03'22''O$ , na cota altimétrica 1084m (figuras 5.12/5.13). Configuram-se de forma paralela à declividade norte/sul, sendo que a formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: a declividade da região, que favorece alta probabilidade à formação de enxurradas potencializadas pelo declividade acentuada em alguns trechos aumentando a velocidade do escoamento superficial das avenidas perpendiculares internas (Qds. 01/02 – ponto 23), (Qds. 03/04; 05/06/08, ponto 24), (Qds. 07/09/10/12, ponto 25), (Qds. 11/13/15/14, ponto 26) falta de capacidade de absorção das águas pela rede de drenagem existente e alta taxa de impermeabilização do solo na localidade. Destaca nesta avenida o ponto 27, pois situa na cota baixa da cidade. O ponto recebe todo o fluxo do escoamento de montante, e torna-se a área de maior perigo de dano por causa da energia do escoamento superficial. A partir das imagens

de satélite da área e observação em campo, foi contado que existem áreas com potencial para implementação de técnicas compensatórias em drenagem urbana.

- Pontos 28, 29 e 30 – localizam-se no setor leste da cidade, avenida Lourival Bandeira (quadras 33/34) e balão da Feira dos Goianos, arterial que liga esta avenida à dos Bombeiros. As coordenadas são, respectivamente, latitude  $16^{\circ}01'07''S$  e longitude  $48^{\circ}03'03''O$ , na cota altimétrica de 1138m; latitude  $16^{\circ}01'53''S$  e longitude  $48^{\circ}03'26''O$ , na cota altimétrica de 1118m; latitude  $16^{\circ}01'46''S$  e longitude  $48^{\circ}03'20''O$ , na cota altimétrica de 1119m. Encontram-se em cotas médias da cidade e de forma paralela à declividade norte/sul. A formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: a alta probabilidade à formação de enxurradas na própria avenida e das vias internas locais, obra viária inadequada e falta de capacidade de absorção do fluxo das águas pela rede de drenagem existente (vide figuras 5.14 e 5.15, demonstra os pontos 28/29).

Figura 5.14 – Área alagável na Avenida Lourival Bandeira.



Fonte: SILVA, João Sudário da - 2022

Figura 5.15 – Vista aérea de ponto alagável na Avenida Lourival Bandeira



Fonte: GOOGLE EARTH (2023).

- Pontos 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 a 39 – localizam-se na Avenida Comercial dos Pioneiros (Pistão Sul, figuras 5.16 a 5.19), respectivamente, nas coordenadas: latitude  $16^{\circ}02'19''S$  e longitude  $48^{\circ}03'20''O$ , na cota altimétrica de 1073m latitude  $16^{\circ}01'48''S$  e longitude  $48^{\circ}03'46''O$ , na cota altimétrica de 1114m; latitude  $16^{\circ}01'41''S$  e longitude  $48^{\circ}03'53''O$ , na cota altimétrica de 1112m; latitude  $16^{\circ}01'33''S$  e longitude  $48^{\circ}04'06''O$ , na cota altimétrica de 1110m; latitude  $16^{\circ}01'30''S$  e longitude  $48^{\circ}04'10''O$ , na cota altimétrica de 1114m; latitude  $16^{\circ}01'27''S$  e longitude  $48^{\circ}04'16''O$ , na cota altimétrica de 1113m; latitude  $16^{\circ}01'20''S$  e longitude  $48^{\circ}04'27''O$ , na cota altimétrica de 1117m (impacto) e latitude  $16^{\circ}01'11''S$  e longitude  $48^{\circ}04'41''O$ , na cota altimétrica de 1109m (quadra 32). A avenida possui cerca de 3,5 Km de extensão na direção leste/oeste de forma perpendicular à declividade norte/sul. A formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: alta taxa de impermeabilização do solo, alta probabilidade à formação de enxurradas nas avenidas JK, Centro Oeste, Centro Leste e internas do

setor central, da avenida Paulo Hungria e vias internas do setor leste – Qds. 37 a 42, obras viárias inadequadas e falta de capacidade de absorção do fluxo das águas pela rede de drenagem existente. Boa parte dos estabelecimentos comerciais e de serviços da avenida no lado sul encontra-se abaixo da cota da avenida. Este aspecto agrava os possíveis danos causados pelos alagamentos. Por outro lado, na avenida o ponto 32 recebe grande volume do fluxo do escoamento de montante, sendo área de maior perigo com registro de danos graves por conta da força da energia do escoamento superficial. Sua localização é próxima ao córrego Crispim tributário do rio Alagado. Inclusive a ponte está em obras de manutenção por causa dos danos causados pela força das enxurradas dos últimos períodos chuvosos. Por meio de interpretação das imagens de satélite e observação em campo, constatou-se que existem áreas com potencial para implementação de técnicas compensatórias em drenagem urbana.

Figura 5.16 – Área alagável na Av. Comercial dos Pioneiros



Fonte: SILVA, João Sudário da - 2022

Figura 5.17 – Vista aérea de ponto alagável na Av. Comercial dos Pioneiros



- Fonte: GOOGLE EARTH (2023).
- 
- Ponto 40 –. Localiza-se no setor central da cidade, arterial que liga a avenida Wagner Piau de Almeida à JK, próximo ao Centro de Ensino Médio 02. As coordenadas são: 16°00'96''S e longitude 48°08'60''O e cota altimétrica de 1142m de forma paralela à declividade norte/sul. Os alagamentos ocorrem por dois principais fatores: formação de enxurradas na própria via e falta de capacidade de absorção do fluxo das águas pela rede de drenagem existente. A partir das imagens de satélite e observação em campo, foi constatado que existem áreas com potencial para implementação de técnicas compensatórias em drenagem urbana.
-

Figura 5.18 – Área alagável na Av. Comercial dos Pioneiros



- 
- Fonte: SILVA, João Sudário da - 2022
- Ponto 41 –. Localiza-se no setor oeste da cidade, avenida do Contorno Oeste, próximo ao balão do Uirapuru. As coordenadas são: latitude  $16^{\circ}01'42''S$  e longitude  $48^{\circ}04'38''$ , na cota de 1130. Os alagamentos ocorrem por três principais fatores: alta susceptibilidade de formação de enxurradas na própria via em razão da declividade, ausência de rede de drenagem existente a ocupação irregular do solo para fins urbanos em direção ao setor de chácaras lindeiras à avenida contorno. A partir das imagens de satélite e observação em campo, foi constatado que existem áreas com potencial para implementação de técnicas compensatórias em drenagem urbana.

Figura 5.19 – Vista aérea de ponto alagável na Av. Comercial dos Pioneiros



Fonte: GOOGLE EARTH (2023).

- 
- Pontos 43 a 46 – Localizam-se no setor sul da cidade, avenida Pando Francisco (avenida do SENAI). As respectivas coordenadas são: latitude  $16^{\circ}01'22''S$  e longitude  $48^{\circ}04'51''O$ , na cota altimétrica de 1096m; latitude  $16^{\circ}01'31''S$  e longitude  $48^{\circ}04'36''O$ , na cota altimétrica de 1101m; latitude  $16^{\circ}01'50''S$  e longitude  $48^{\circ}04'06''O$ , na cota altimétrica 1108m; latitude  $16^{\circ}01'59''S$  e longitude  $48^{\circ}03'51''O$ , na cota altimétrica 1104m. A avenida está configurada de forma perpendicular à declividade norte/sul, e a formação dos alagamentos ocorre por três principais fatores: alta probabilidade à formação de enxurradas nas vias secundárias do setor e das vias locais internas (Qds. 02 a 06) e falta de capacidade ou ineficiência da rede de drenagem existente. A partir das imagens de satélite da área e observação em campo, foi contado que a configuração urbanística do setor sul tem áreas suficientes e bom potencial para implementação de técnicas compensatórias em drenagem urbana.
-

### **5.3 DOS CONDICIONANTES URBANOS E DOS EIXOS DE TRANSFORMAÇÃO DE USO DO SOLO**

Neste tópico, apresentam-se os usos do solo dos anos de 2007 e 2021, destacando os condicionantes urbanos (áreas livres), de usos especial e comunitário, além das áreas impermeáveis. O ano de 2007 foi o ano seguinte à aprovação do PDL da cidade do Gama (DF). Em relação ao ano de 2021, os produtos cartográficos procuraram representar os principais eixos de transformação das paisagens, tendo em vista os novos usos que promovem a impermeabilização do solo, em razão da demanda por mais estacionamentos, e fragilizam a implementação de dispositivos compensatórios em drenagem urbana. O Gama(DF) possui 20.573 projeções (DISTRITO FEDERAL, 2022). Em 2021, constatou-se que o Gama(DF) possui aproximadamente a totalidade de 3.047.426 m<sup>2</sup>, correspondendo a 3,05 Km<sup>2</sup> de áreas urbanas livres. Todavia, existem cerca de 139.000 m<sup>2</sup> de áreas em processo de impermeabilização do solo.

Além da divisão do perímetro urbano em sete áreas de representação, por setores, o estudo permitiu identificar seis eixos espaciais com intensas transformações de usos do solo urbano, tendendo a diminuição de áreas livres para implementar dispositivos compensatórios em drenagem urbana. Em escala ampliada produziu-se seis mapas para representações cartográficas dos eixos de transformação. Desse modo, este tópico apresenta treze mapas de usos do solo. O setor central é representado pela figura 5.20, a seguir.

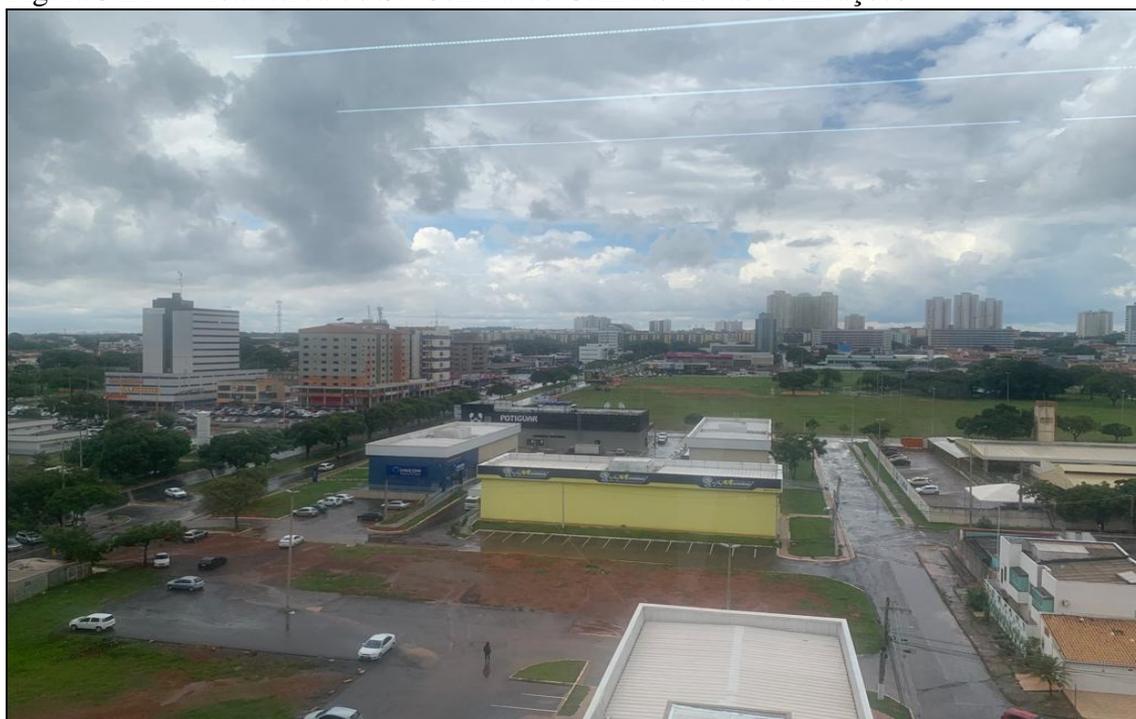
Figura 5.20 – Mapa de Uso do Solo do Setor Central do Gama (DF)



Fonte: SILVA, João Sudário da. (2023).

O setor central tem uma área de aproximadamente 2,0 Km<sup>2</sup> de extensão é composto por 1362 lotes, que ocupam cerca de 0.722 Km<sup>2</sup>. No setor central, nas áreas de uso comunitário e comercial, o espaço tem-se configurado como áreas altamente impermeabilizadas, destacando-se o surgimento de novas edificações comerciais (vide figuras 5.21/5.22). Na parte residencial, além da verticalização para fins residenciais, outras transformações de usos do solo foram constatadas: “puxadinhos” em residências e no comércio. As áreas destinadas a circulação de pedestres, projetos de urbanismo e de paisagismo foram doadas para profissionais de segurança pública para fins residenciais.

Figura 5.21 – Vista aérea do St. Central do Gama c/ novas edificações



Fonte: SILVA, João Sudário da. (2022)

Além das áreas dos canteiros viários, o espaço conta com 17 áreas aptas para implementação de medidas compensatórias, entre os equipamentos públicos e os imóveis de uso especial. Em relação às áreas livres, o setor possui em média 81.005 m<sup>2</sup> disponíveis, destacando áreas com potencial para construção de dispositivos centralizados, como as bacias de detenção/retenção.

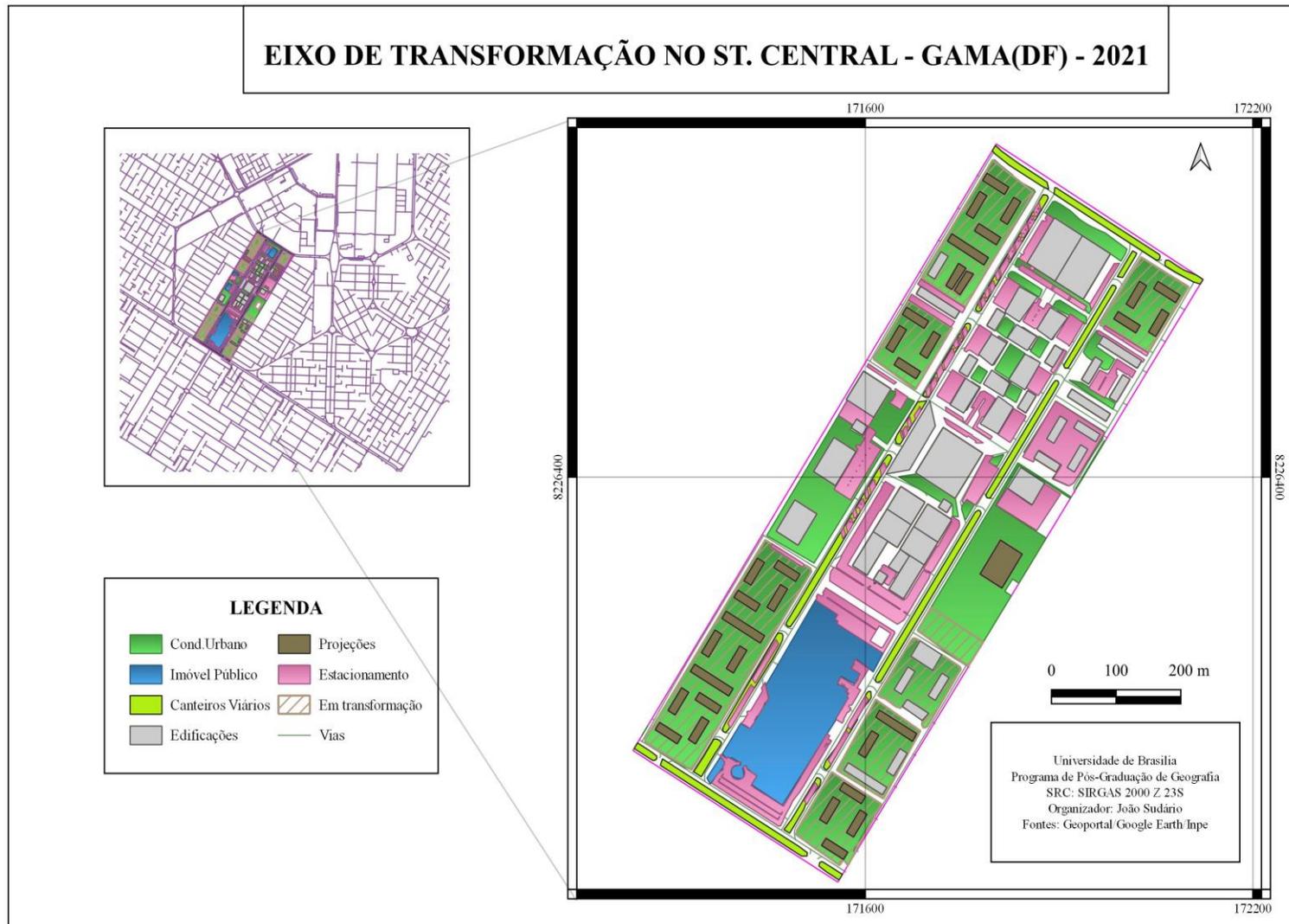
Figura 5.22 – Novas edificações e impermeabilizações do solo, Setor Central do Gama



Fonte: SILVA, João Sudário da. (2022)

O plano diretor local prevê que os projetos previstos visam a requalificação e dinamização do espaço local como lugar de convergência socioeconômica com os demais setores, reforçando a função de centralidade intra-urbana, com atividades diurnas e noturnas (DISTRITO FEDERAL, 2006a). Em um nível de maior detalhe, a figura 5.23, a seguir, representa os novos usos deste espaço de dinamização socioeconômica.

Figura 5.23 – Setor Central - Eixo de Dinamização Socioeconômica do Gama (DF)



Fonte: SILVA, João Sudário da. (2023).

As transformações socioespaciais no Setor Central ocorrem em razão da dinamização socioeconômica e pela concentração de vários empreendimentos destinados ao comércio, serviços, cultura e lazer, sendo a principal bacia de contribuição dos fluxos superficiais da drenagem em direção à avenida Comercial Sul. Verifica-se que ainda existem 32 projeções, com restrição de uso R3 -, de uso coletivo - residencial e comércio -, e 16 edificações na mesma categoria de uso. Conforme o Anexo I do PDL do Gama(DF), exige-se espaços para estacionamentos na razão da área construída (DISTRITO FEDERAL, 2006b). Quanto maior a área construída, menor seu índice medido em metro quadrado vaga, variando entre 20 a 75m<sup>2</sup> (DISTRITO FEDERAL, 2006c). É possível que esse processo aumentará o grau de impermeabilização do solo e agravará a ocorrência dos alagamentos, pelo aumento da energia do escoamento superficial, com impactos sociais e materiais na Avenida Comercial Sul, localizada à jusante, inclusive com alguns estabelecimentos situados abaixo da cota topográfica da própria avenida.

O setor oeste ocupa 2,9 Km<sup>2</sup> e é composto por 4.325 lotes, que ocupam 1,3 Km<sup>2</sup> (figura 5.24), sendo uma bacia de contribuição e contém um exutório de drenagem. Nas áreas internas do setor não há grandes transformações de usos do solo, exceto os “puxadinhos” em residências e no comércio, e as áreas doadas para fins residenciais aos profissionais de segurança pública. Nesse caso, essas áreas eram destinadas a circulação de pedestres, projetos de urbanismo e de paisagismo.

Figura 5.24 – Mapa de Uso do Solo do Setor Oeste do Gama (DF), 2007



Fonte: SILVA, João Sudário da – 2023.

A Figura 5.25 ilustra as áreas livres remanescentes, onde se pode observar a existência de projetos paisagístico do tipo jardins de chuvas. Registra-se que esses espaços foram concebidos no plano urbano original da cidade do Gama (DF), dotando-os de conteúdos funcional e paisagístico (vide figura 5.26, vista aérea da quadra 30 do setor oeste).

Figura 5.25 – Área livre na cidade do Gama (DF), uso com jardins de chuva.



Fonte: SILVA, João Sudário da (2023).

No setor, existem áreas alagáveis em razão das áreas altamente impermeabilizadas nas quadras internas, a montante. Além das áreas dos canteiros viários, o espaço conta com 23 áreas aptas para implementação de medidas compensatórias, entre os equipamentos públicos e os imóveis de uso especial. O setor possui em média 78.367 m<sup>2</sup> de áreas livres disponíveis, destacando a segunda maior área livre dentro do perímetro urbano da cidade, situada na praça 01 do setor oeste. Para o local existem projetos urbanísticos previstos no plano diretor para fins de lazer e comunitários.

Às margens da Avenida Comercial dos Pioneiros e na Avenida JK, entretanto, tem se verificado mudanças de uso do solo de maneira mais substancial, tendo como vetores o surgimento de pequenos estabelecimentos comerciais e de serviços ao longo das duas vias, formando um eixo sul/oeste/central de transformação de uso do solo. Essa transformação na paisagem será analisada em tópico adiante no recorte espacial do setor sul e a Avenida Comercial dos Pioneiros.

Figura 5.26 – Vista aérea parcial da quadra 30 do setor oeste do Gama (DF)

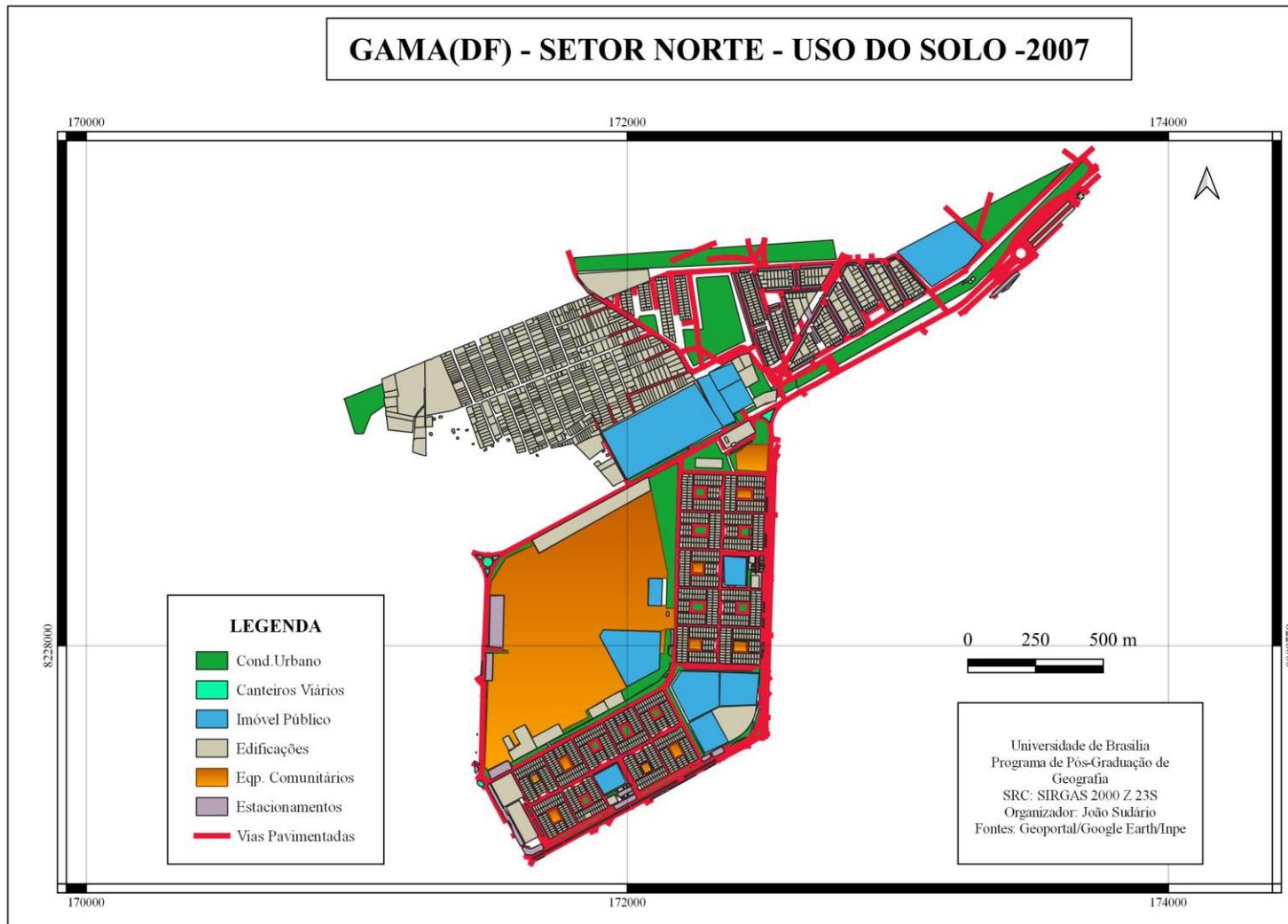


Fonte: Google Earth (2023)

O setor norte tem uma área de 2,6 Km<sup>2</sup> de extensão e é composto por 2.749 lotes, que ocupam 1,8 Km<sup>2</sup>. No setor, destacam-se duas as áreas em transformações de usos do solo: eixo norte/central de transformação de uso do solo e os setores de múltiplas atividades e mansões paraíso. Além das áreas dos canteiros viários, o espaço conta com 24 áreas aptas para implementação de medidas compensatórias, entre os equipamentos públicos e os imóveis de uso especial.

A figura 5.27 representa os principais usos do solo. O setor possui em média 17.416 m<sup>2</sup> de áreas livres disponíveis, destacando o Parque Urbano do Gama(DF), com cerca de 48ha, dentro do perímetro urbano, situada entre os setores oeste e norte. Para a área existem projetos para fins ambientais, lazer e comunitários a cargo do órgão gestor das unidades de conservação ambiental do Distrito Federal.

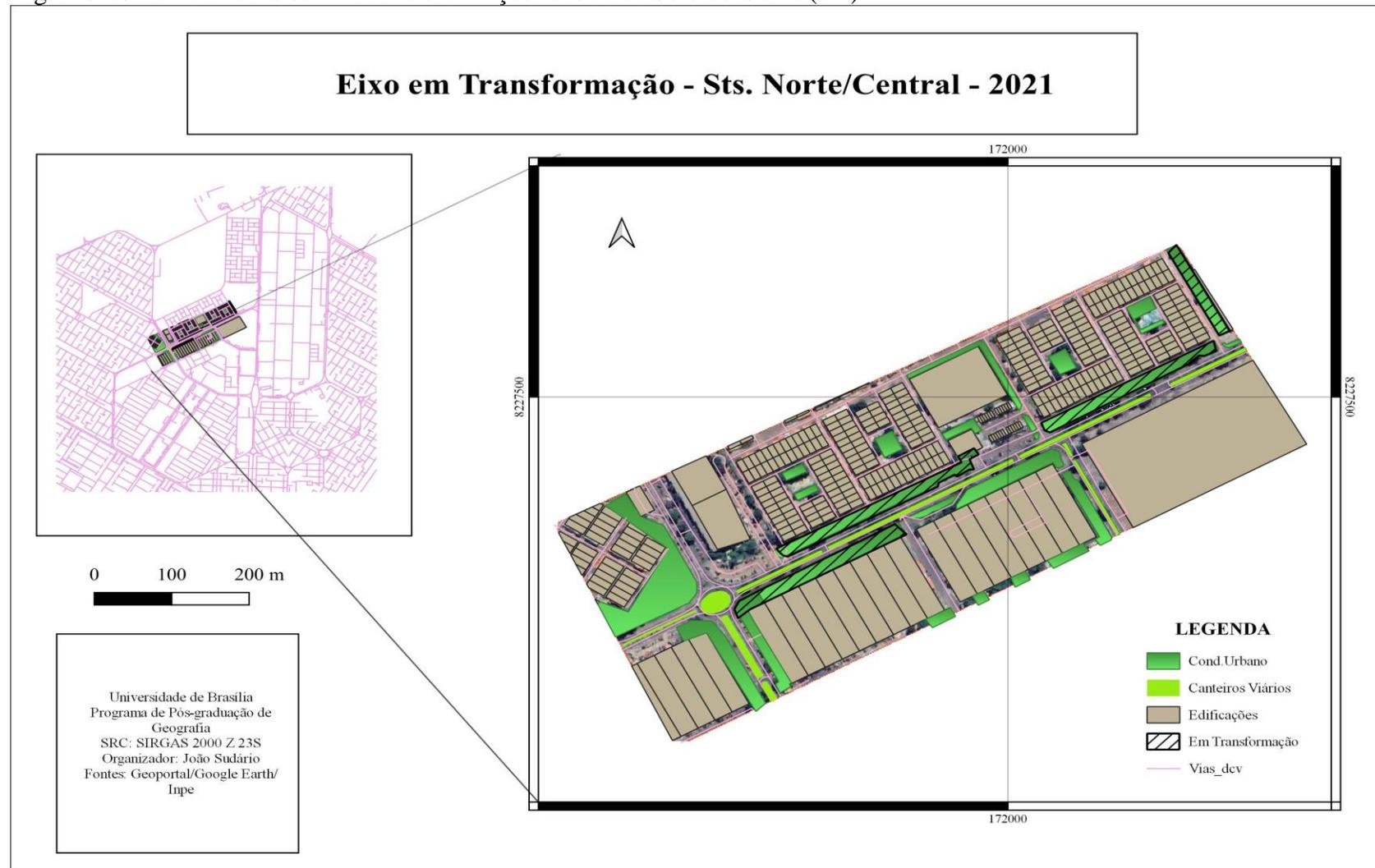
Figura 5.27 – Mapa de Uso do Solo do Setor Norte do Gama (DF), 2007



Fonte: SILVA, João Sudário da. (2023).

Quanto ao setor de Múltiplas Atividades, verificou-se a ausência quase total de espaços livres para implementação de medidas compensatórias em drenagem urbana. Essa alta probabilidade de impermeabilização do solo ocorre em função da alocação de espaços no SMA para acomodação do maior número de estabelecimentos comerciais e de serviços por metro quadrado. De igual modo, no setor Mansões Paraíso não há áreas livres para implementação de dispositivos compensatórios em drenagem urbana. Tal fato pode estar relacionado a fenômenos de expansão urbana por meio de processos de multiplicação de loteamentos espacialmente desconexos, concebidos à revelia de quaisquer regulamentações do poder público.

Figura 5.28– Eixo <sup>6</sup>Norte/Central: Transformação de Uso do Solo do Gama (DF)



Fonte: SILVA, João Sudário da. (2023)

<sup>6</sup> Para melhorar a visualização o mapa foi inclinado em 30°.

Às margens da Avenida Vedovelli Bortolo (SESI) tem se verificado mudanças de uso do solo de maneira substancial, tendo como mudanças de uso do solo o surgimento de pequenos estabelecimentos comerciais e de serviços ao longo da via, formando um eixo norte/central de transformação de uso do solo, representado por meio das figuras 5.28/5.29.

As transformações de uso do solo são em decorrência do surgimento de vários estabelecimentos comerciais e de serviços, na parte norte, e um hospital particular de grande porte e de igrejas com abertura para o lado da avenida. Essas transformações impactam o espaço urbano, podendo diminuir as áreas livres, principalmente em razão da demanda por estacionamentos. A Figura 5.29 ilustra a construção de estacionamentos na localidade.

Figura 5.29 - Foto de Construção de Estacionamento no Eixo Norte/Central



Fonte: SILVA, João Sudário da.(2023)

O Setor Leste 1 tem uma área de cerca de 1,6 Km<sup>2</sup> de extensão e é composto por 2.428 lotes, que ocupam uma área de cerca de 1,2 Km<sup>2</sup>. Nas áreas internas do setor não há grandes transformações de usos do solo, exceto os “puxadinhos” em residências e no comércio, e as áreas antes destinadas à circulação interna que foram doadas para fins residenciais aos profissionais de segurança pública. Sob a escala gregária, essas áreas doadas eram destinadas a circulação de pedestres, projetos de urbanismo e de paisagismo. A figura 5.30, a seguir, representa os principais usos do solo no Setor Leste 1 do Gama (DF).

Figura 5.30 – Mapa de Uso do Solo do Setor Leste do Gama (DF), 2007

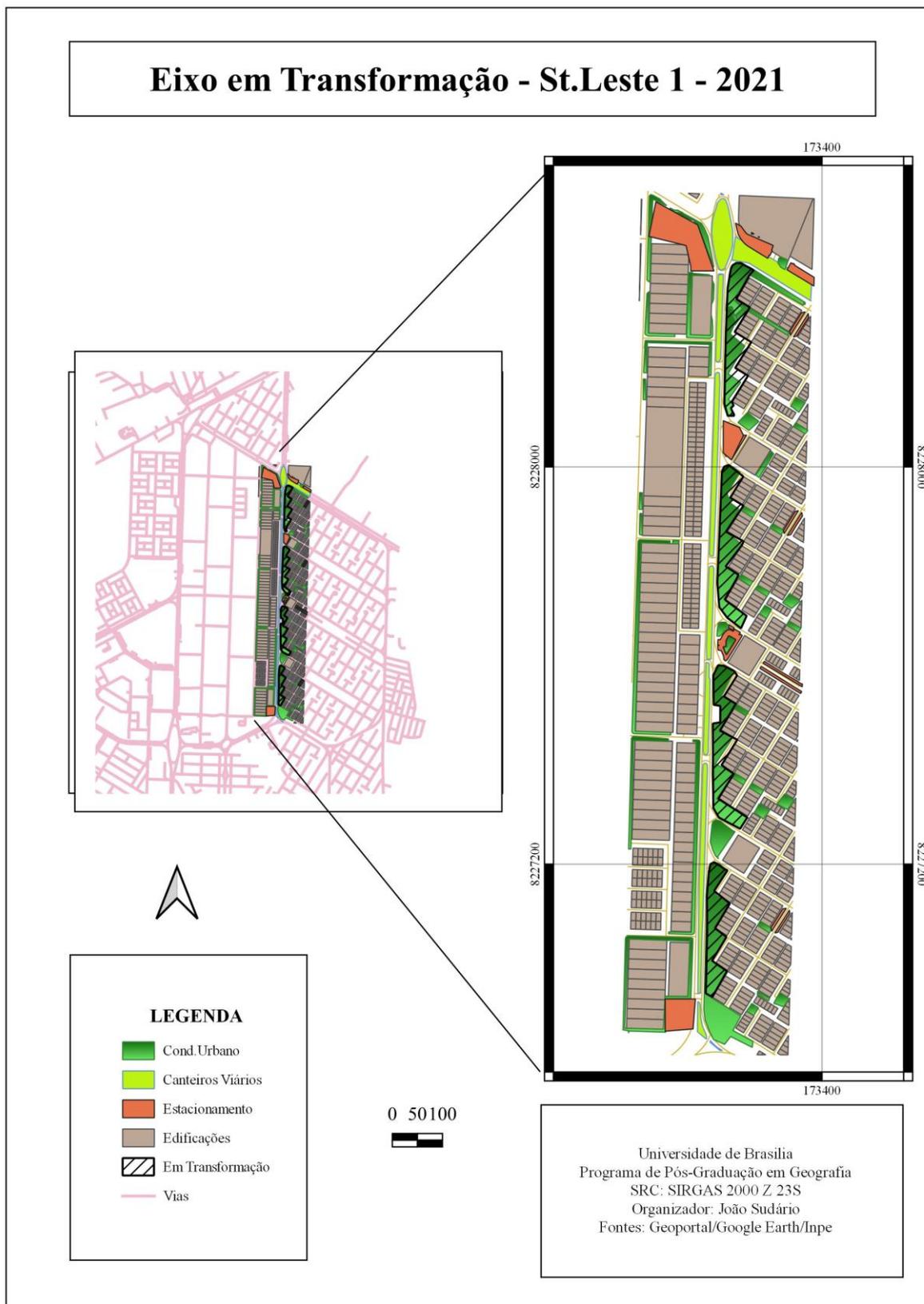


Fonte: SILVA, João Sudário da. (2023)

Além de áreas nos canteiros viários e os espaços de uso comum do povo no perímetro do setor e na divisão das quadras, o espaço conta com 12 áreas aptas para implementação de medidas compensatórias, entre os equipamentos públicos e os imóveis de uso especial. O setor possui em média 70.565 m<sup>2</sup> de áreas livres disponíveis, destacando as áreas lindeiras ao final das quadras.

Às margens da Avenida Itamaracá (antiga avenida da SKOL) verificou-se mudanças de uso do solo de maneira substancial, tendo como conteúdo espacial o surgimento de estabelecimentos comerciais e de serviços ao longo da via, configurando-se um eixo de transformação de uso de solo leste/indústria, representado por meio da figura 5.31.

Figura 5.31 – Setor Leste 1: Eixo <sup>7</sup>de Transformação de Uso do Solo do Gama (DF)



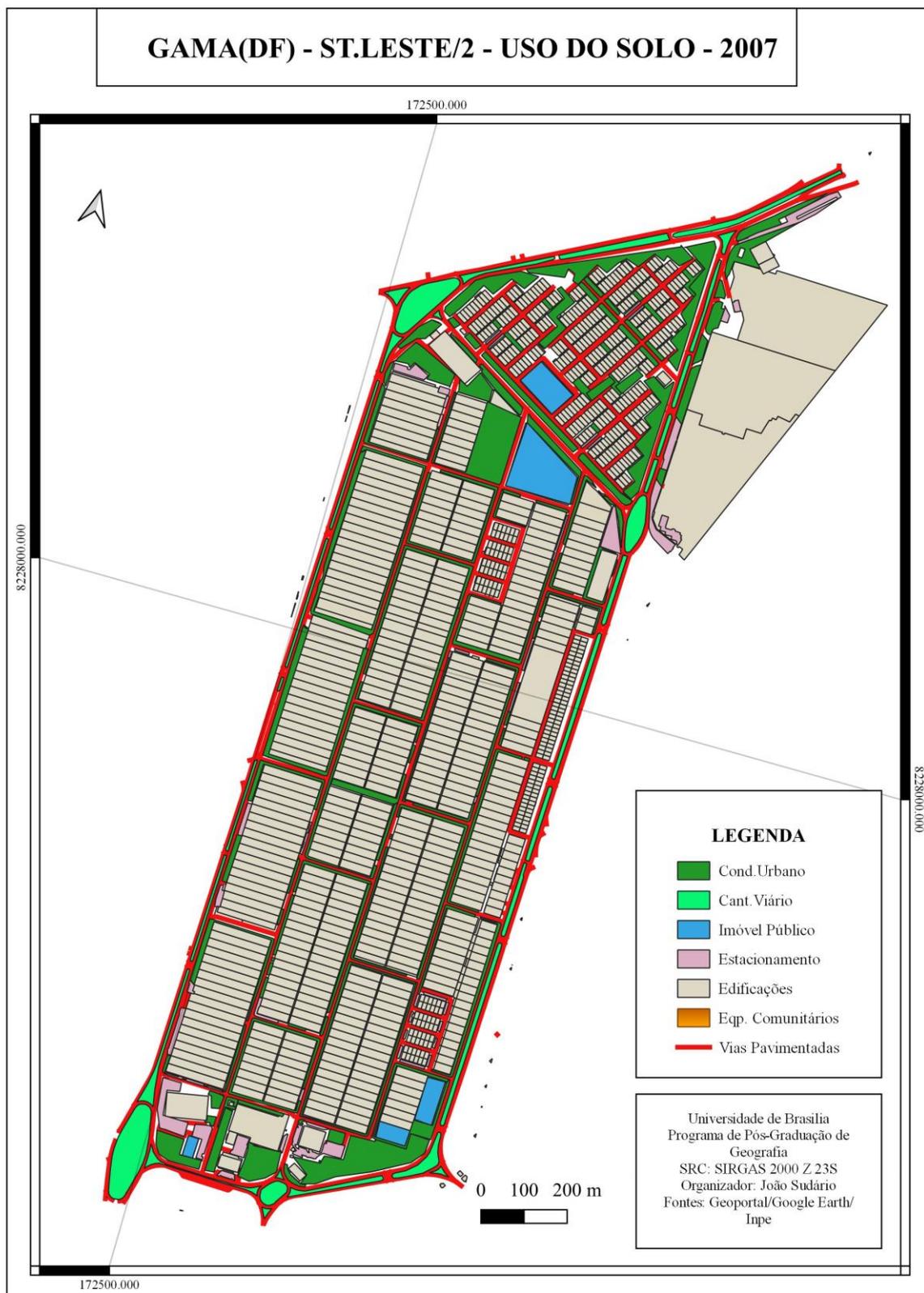
Fonte: SILVA, João Sudário da(2023)

<sup>7</sup> Para melhorar a visualização o mapa foi inclinado em 30°.

Neste eixo espacial, o principal vetor de mudanças é a Avenida Itacaracá (SKOL). As transformações de uso do solo são em decorrência do surgimento de estabelecimentos comerciais e de serviços, do ramo automotivo, na parte leste. Essas transformações impactam o espaço urbano, podendo diminuir as áreas livres, principalmente em razão da demanda por estacionamentos.

O Setor Leste 2 tem área de cerca de 1,6 Km<sup>2</sup> de extensão e é composto por 1.018 lotes, que ocupam uma área de cerca de 1,05 Km<sup>2</sup>. Antes com destinação de indústrias de pequeno e médio porte, atualmente é o setor em que vem ocorrendo o maior processo de verticalização da cidade com do surgimento de condomínios residenciais do tipo clube-residência-trabalho. Porém, ainda existem estabelecimentos comerciais, de serviços e pequenas indústrias. A Figura 5.32 representa os principais usos do solo no setor.

Figura 5.32 – Mapa de Uso do Solo do Setor Leste 2 do Gama (DF)

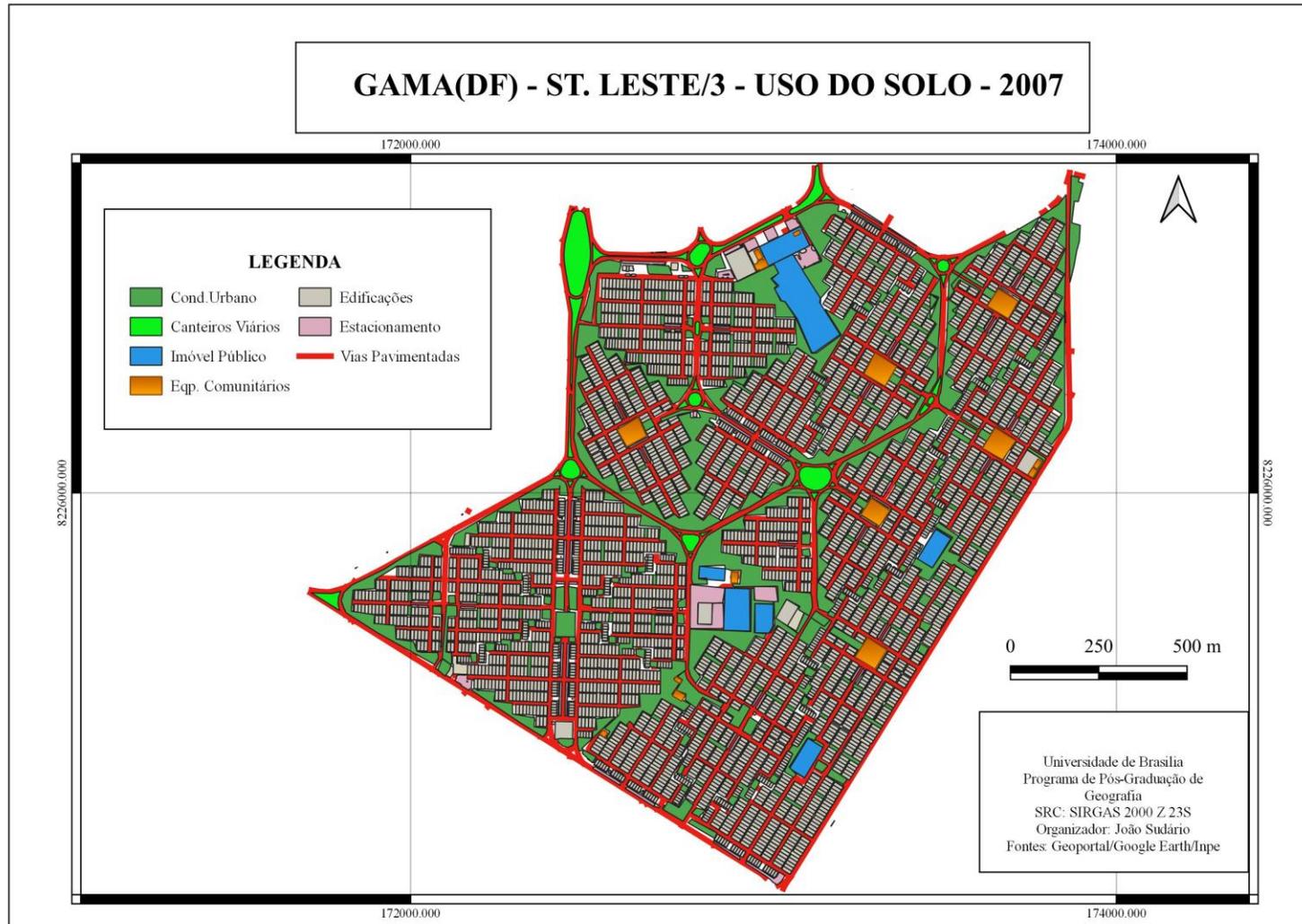


Fonte: SILVA, João Sudário da (2023)

Na parte interna do setor, não existe rede de águas pluviais, sendo configurado com longas avenidas paralelas facilitando a formação de enxurradas e o aumento de velocidade do escoamento superficial. No local, considerando a parte da Xis Leste, existem 5 áreas aptas para implementação de medidas compensatórias, representada pelos imóveis de uso especial. O Setor possui em média 39.583 m<sup>2</sup> de áreas livres para implementação de medidas compensatórias, concentrando a maior parte a jusante no setor.

O Setor Leste 3 tem uma área de cerca de 2,3 Km<sup>2</sup> de extensão e é composto por 3.927 lotes, que ocupam uma área de cerca de 1.000.000 m<sup>2</sup>. Nas áreas internas do setor não há grandes transformações de usos do solo, exceto os “puxadinhos” em residências e no comércio, e as áreas antes destinadas à circulação interna que foram doadas para fins residenciais aos profissionais de segurança pública. Sob a escala gregária, essas áreas doadas eram destinadas a circulação de pedestres, projetos de urbanismo e de paisagismo. Ao longo da Avenida Paulo Hungria vem ocorrendo mudanças de conteúdo de uso do solo como será analisado. A Figura 5.33 representa os principais usos do solo em 2007, no Setor Leste 3.

Figura 5.33 – Mapa de Uso do Solo do Setor Leste 3 do Gama (DF)

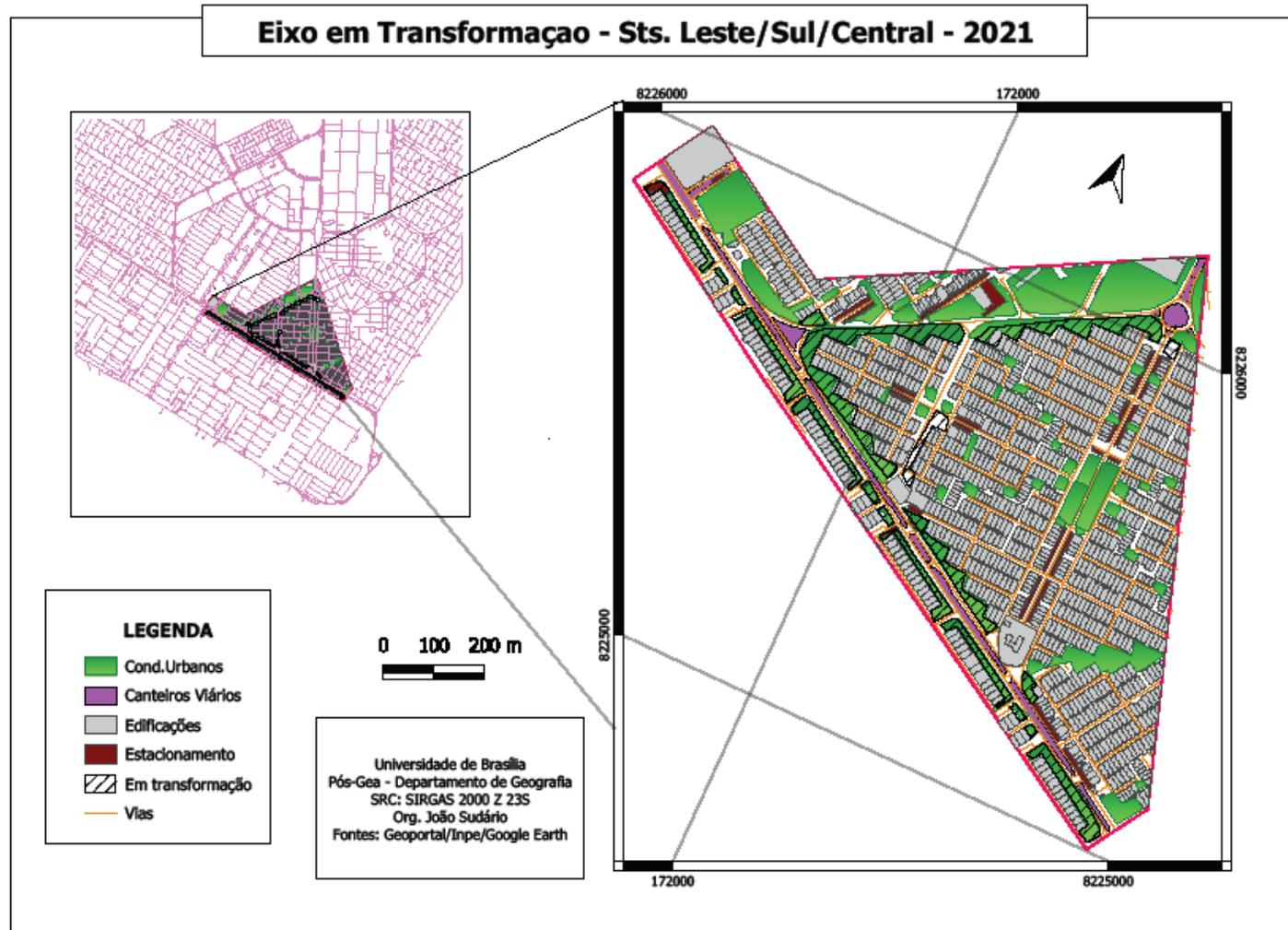


Fonte: SILVA, João Sudário da.(2023)

Além de áreas nos canteiros viários e os espaços de uso comum do povo no perímetro e na divisão das quadras, o espaço conta com 15 áreas aptas para implementação de medidas compensatórias em drenagem urbana, entre os equipamentos públicos e os imóveis de uso especial. O setor possui em média 13.186 m<sup>2</sup> de áreas livres aptos para implementação de medidas compensatórias em drenagem das águas pluviais. Por outro lado, o grau de impermeabilização do solo é alto, sobretudo em função da pavimentação das vias internas, pelos usos residenciais e estacionamentos.

Os parágrafos a seguir analisam os resultados do estudo sobre o uso do solo no setor sul, em 2007, além dos dois eixos de transformação de uso do solo: Sul/Oeste/Central e Sul/Leste/Central, em 2021. As figuras 5.34 e 5.35 representam estes eixos de transformações da paisagem.

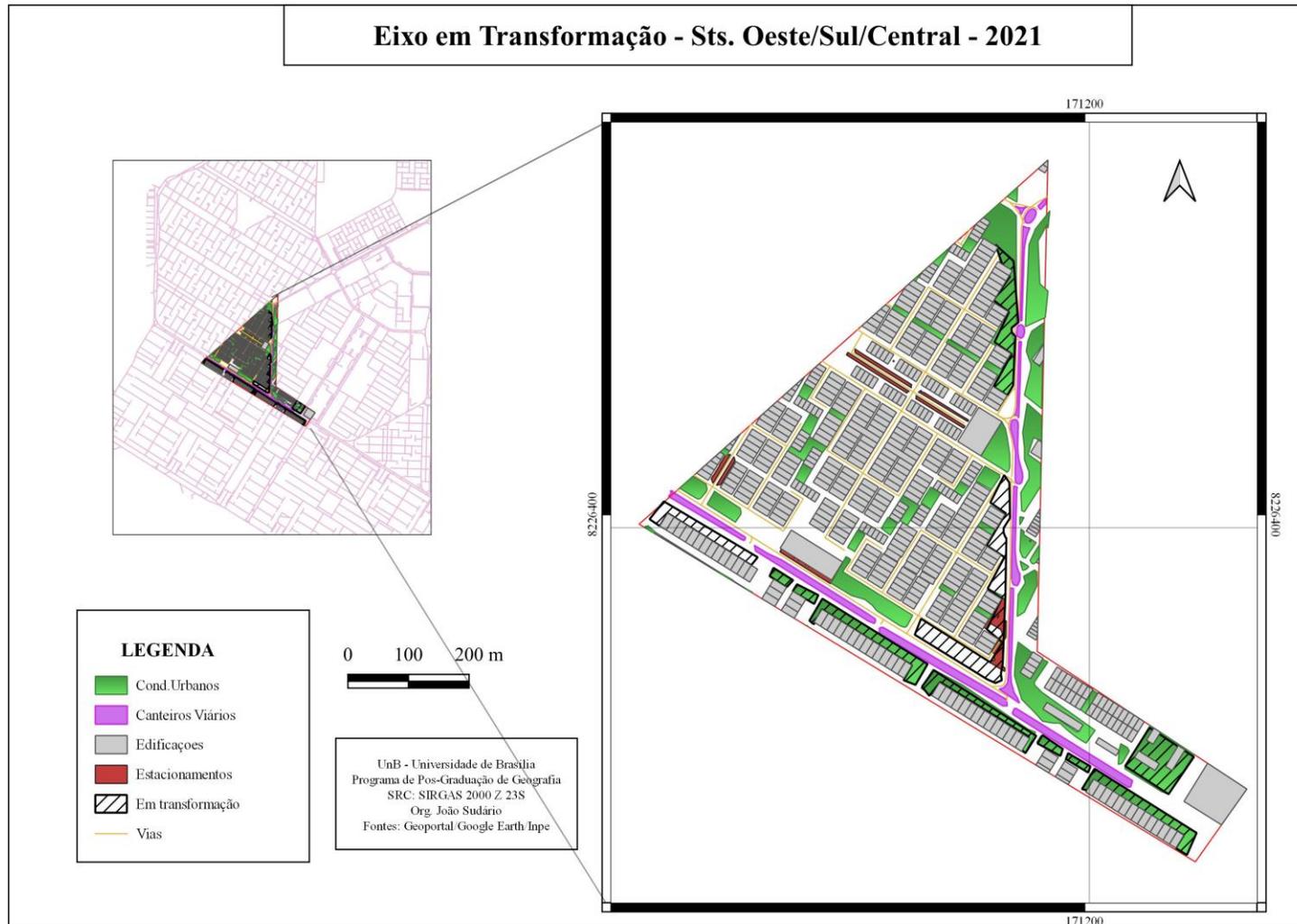
Figura 5.34–Eixo de Transformação Sul/Leste/Central de Uso do Solo do Gama (DF)



Fonte: SILVA, João Sudário da – 2023

Neste primeiro eixo espacial, os principais vetores de mudanças são as Avenidas Paulo Hungria (Komper) e Avenida Comercial Sul (Pistão Sul). As transformações de uso do solo, iniciadas nos anos 1990, são expressadas na paisagem pelo surgimento de vários estabelecimentos comerciais e de serviços, dos ramos médico-hospitalares, serviços mecânicos, agências de automóveis, alimentação e bebidas. Essas transformações impactam o espaço urbano, podendo diminuir as áreas livres, principalmente em razão da demanda por estacionamentos, como pode ser verificada nas partes rachuradas da figura.

Figura 5.35 – Eixo de Transformação Sul/Oeste/Central de Uso do Solo do Gama (DF)



Fonte: SILVA, João Sudário da.(2023)

Neste segundo eixo espacial, os principais vetores de mudanças são as Avenidas JK e Avenida Comercial Sul (Pistão Sul). As transformações de uso do solo, iniciadas nos anos 90, são expressadas na paisagem pelo surgimento de estabelecimentos comerciais e de serviços, dos ramos médico-hospitalares, serviços mecânicos, agências de automóveis, alimentação e bebidas. Essas transformações impactam o espaço urbano, podendo diminuir as áreas livres, principalmente em razão da demanda por estacionamentos, como pode ser verificada nas partes rachuradas da figura.

Figura 5.36 – foto destacando a cota topográfica abaixo da via principal.

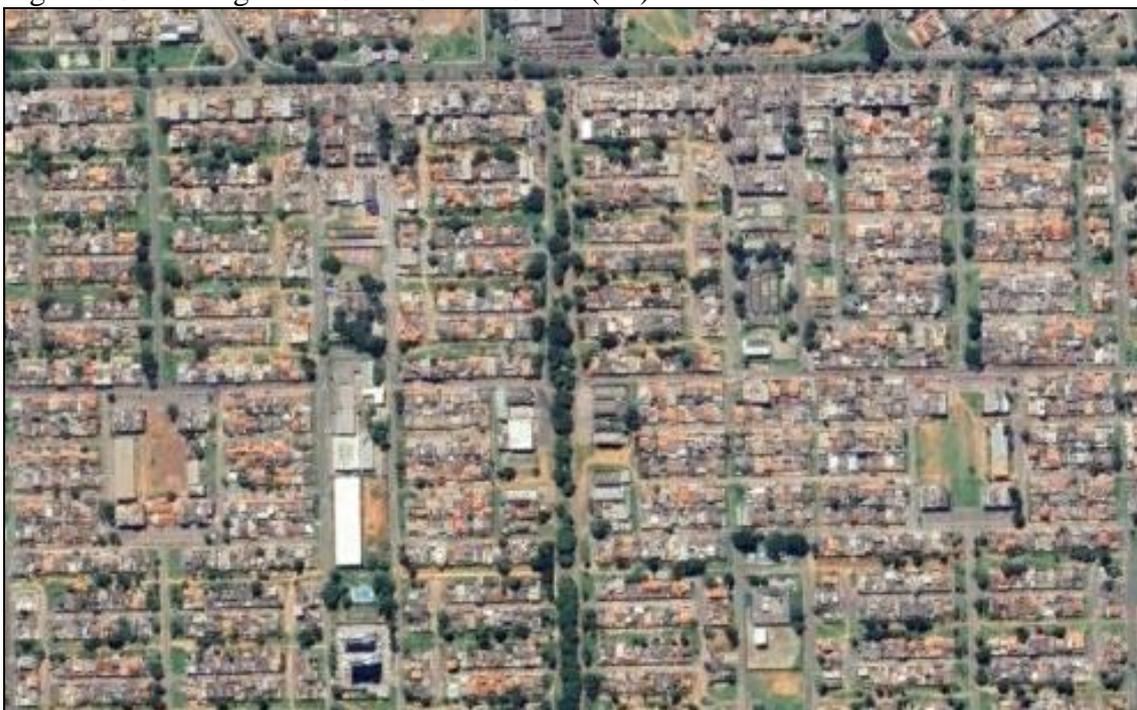


Fonte: SILVA, João Sudário da (2022)

Nestes eixos, a Avenida Comercial dos Pioneiros é uma das que mais sofrem os impactos dos alagamentos. Isso é potencializado porque a maior parte dos estabelecimentos estão numa cota topográfica abaixo da via principal (vide figura 5.36), que, por sua vez, encontra-se à jusante e de forma perpendicular às vias com alta susceptibilidade à formação de enxurradas à montante.

A necessidade de alocação de áreas para estacionamentos e a densificação em função da verticalização da área proporcionaram aumento da impermeabilização do solo ao longo da avenida. Importante via de entrada na cidade, constitui-se um eixo de interligação no urbana e divide os setores sul do Leste, Central e Oeste. De concepção inicialmente residencial, as transformações de uso se deram a partir dos anos 90.

Figura 5.37 – Imagem do Setor Sul do Gama (DF)

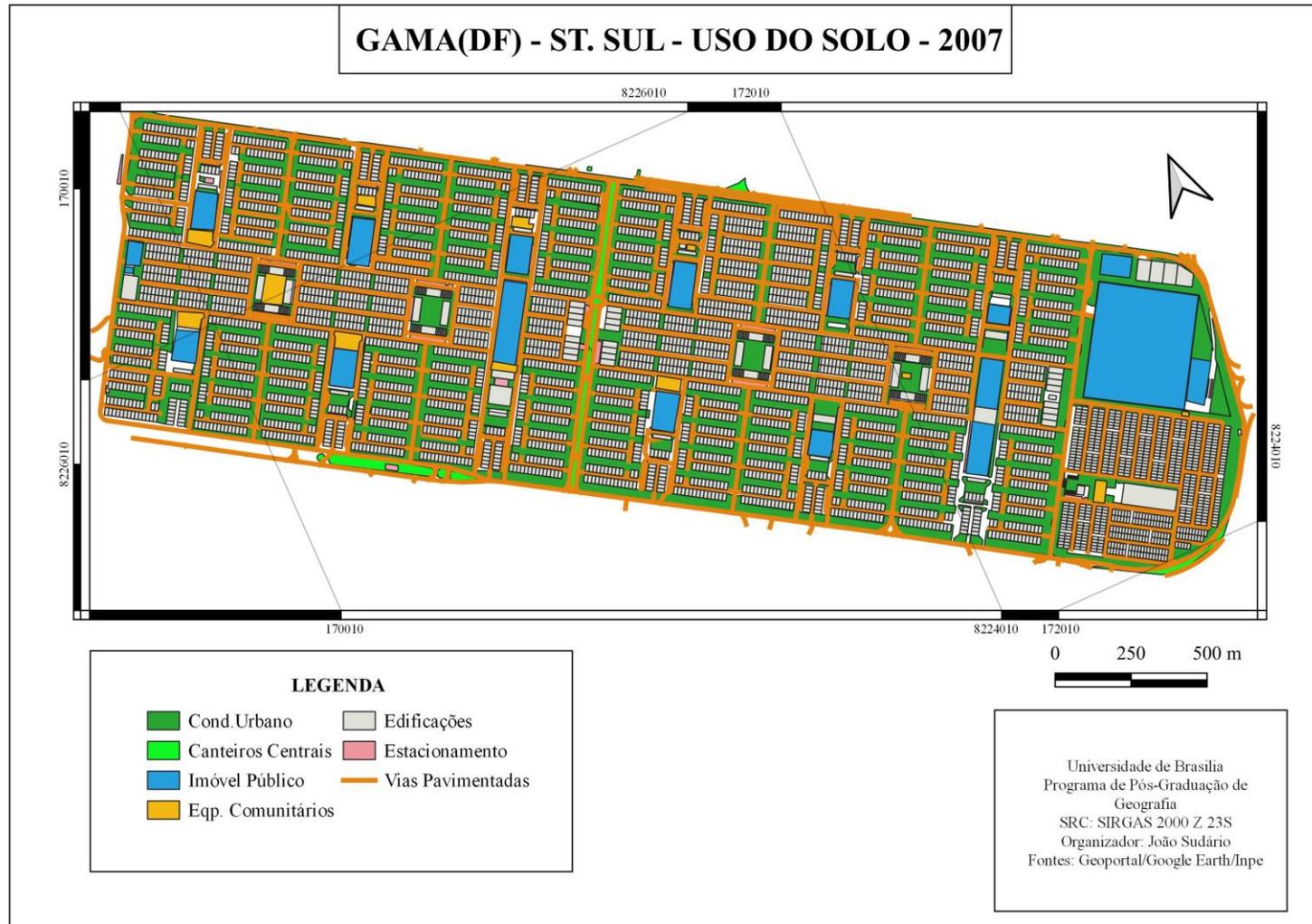


Fonte: Google Earth (2023)

Por fim, a figura 5.38, a seguir, representa os usos do solo no setor sul do Gama (DF), ano de 2007. O Setor Sul tem uma área de cerca de 4,06 Km<sup>2</sup> de extensão e é composto por 4.764 lotes, que ocupam uma área de cerca de 311.313 m<sup>2</sup>. Localiza-se em cota baixa da cidade e contém um exutório da drenagem das águas pluviais. Além das transformações discutidas nos parágrafos acima, destacando aqueles puxados pelo eixo viário Avenida Comercial dos Pioneiros, pode-se constatar que houve alguns processos de verticalização para fins residenciais e pequenos comércios na Avenida Pando Francisco.

A figura 5.37 apresenta uma imagem aérea parcial do setor sul. O setor surge no final dos anos setenta e início dos anos 80. O projeto urbanístico é de autoria do arquiteto Gladson da Rocha. Igualmente aos setores leste e oeste, o setor sul possui áreas para circulação de pedestres e projetos paisagísticos. Mas existem duas diferenças importantes: menor densidade urbana e as vias entre os conjuntos foram configuradas na posição perpendicular às linhas de drenagem natural.

Figura 5.38 – Mapa de Uso do Solo do Setor Sul do Gama (DF), 2007



Fonte: SILVA, João Sudário da (2023)

O setor sul tem o potencial de ser um excelente espaço para implementação de medidas compensatórias em drenagem urbana das águas pluviais. Com efeito, a configuração urbanística dos logradouros públicos possibilita intitula-lo “setor esponja da cidade”. Na localidade, existem 27 áreas aptas para implementação de medidas compensatórias, entre os equipamentos comunitários e os imóveis de uso especial. Em relação às áreas livres, o setor possui em média 234.874 m<sup>2</sup> de áreas livres aptas para implementação de medidas compensatórias em drenagem urbana.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa permitiu perceber os limites da aplicação dos modelos tradicionais para a eficiência da gestão da drenagem urbana. No meio técnico-institucional existem conhecimentos e instrumentos para aplicação de medidas compensatórias e integrativas em drenagem urbana. A existência de condicionantes urbanos, ou seja, espaços urbanos livres, suficientes e potencialmente viáveis para implementação de dispositivos que promovam a retenção, a evaporação e a infiltração das águas pluviais é condição espacial imprescindível para a gestão da drenagem urbana sustentável.

A análise dos usos do solo no Gama (DF) possibilitou constatar que as áreas sujeitas aos alagamentos estão relacionadas com a susceptibilidade de formação de enxurradas e impermeabilização do solo. A maior parte dos pontos de alagamentos coincidem com os locais de conflito viário localizados nas confluências das principais avenidas. São 46 pontos de alagamentos na área urbana, sendo que a maioria ocorre nas principais avenidas da cidade.

A peculiaridade político-institucional do Distrito Federal centraliza a gestão e a execução orçamentária. Diversos documentos técnicos e legislativos consignam expressamente aspectos administrativos e ambientais. Contudo, existem problemas de articulação entre os órgãos relacionados à gestão da drenagem urbana das águas pluviais tornando-se um desafio na execução da política de drenagem urbana.

A Secretaria de Infraestrutura e o Consórcio Público de Manejo das Águas Pluviais são responsáveis pela política e planejamento. A ADASA é o órgão regulador e a NOVACAP e a Administração Regional do Gama são órgãos de execução de obras e dos serviços de manutenção em drenagem urbana. Existem outros órgãos intervenientes, porém não havendo programas claros sobre a adoção de um modelo de drenagem urbana sustentável do ponto de vista socioambiental.

O Conselho Local de Planejamento, representado pela Administração Regional do Gama, por meio da Secretaria Executiva (Distrito Federal, 2006) poderia ser protagonista nessa questão. Estando na ponta, cabe à Administração Regional estabelecer as prioridades governamentais, propor modificações nas normas urbanísticas, fiscalizar o uso e ocupação do solo, prever recursos financeiros no orçamento, inclusive com a participação da comunidade, propor a localização de equipamentos comunitários em seu território, promover a participação popular, notadamente em se tratando de atividades com efeitos potencialmente negativos

sobre o meio ambiente e, em nome do princípio da publicidade, assegurar o acesso a informações produzidas (Distrito Federal, 2006).

Por outro lado, a concepção e a percepção, do espaço urbano não devem estar pautadas na racionalidade na qual o valor de troca sobrepõe o valor de uso da terra urbana. Noutra escala, a execução da política urbana é incumbência do município por meio dos planos diretores locais Norma aplicável às cidades brasileiras. Entretanto, não é diferente na cidade do Gama pois as legislações de zoneamento urbano não contemplam aspectos de drenagem das águas pluviais, e quando o fazem não é sob a perspectiva da drenagem urbana socioambientalmente sustentável.

Apesar dos impactos socioambientais, alguns projetos de drenagem urbana inclusive prescindem de licenças ambientais. Além de mudança sociocultural, transformar paradigmas envolvem esforços políticos para enfrentar conflitos de interesses, que, sob o prisma utilitarista e pragmático, priorizam a adoção de medidas estruturais tradicionais, na escala do curto prazo.

Neste contexto, a cidade do Gama(DF) foi concebida sob o paradigma do planejamento urbano. No estudo constatou-se que na cidade existem espaços aptos para implementação de variados tipos de dispositivos em drenagem urbana compensatória, conforme as recomendações da ADASA. Além disso, o perímetro da cidade não está situado em um vale, seu relevo e a ausência de cursos d'água perenes são atributos naturais favoráveis.

O estudo permitiu identificar na cidade quase um terço de sua extensão territorial de condicionantes urbanos, áreas livres aptas para implementação de medidas compensatórias em drenagem urbana das águas pluviais. Porém, 2021 foram identificados áreas sob pressão do mudanças no uso do solo, em processo de impermeabilização, especialmente para a construção de estacionamentos.

Essas áreas correspondem aos cinco eixos que transformam a paisagem urbana: o eixo do setor central, o eixo do setor oeste, o eixo do setor norte, o eixo do setor leste e o eixo do setor sul. À exceção do eixo do setor central, os demais tem em comum mudanças no uso do solo em áreas tipicamente residenciais motivadas a partir da dinâmica socioeconômica com surgimento de estabelecimentos comerciais e de serviços paralelamente às principais vias de circulação e de atividades. As maiores transformações estão nos eixos sul/central/oeste, sul/central/leste e central, todos espacialmente inter-relacionadas entre si.

Em todos os eixos de transformação existe uma demanda de uso do solo por estacionamentos. Os órgãos competentes deveriam construí-los conforme os parâmetros da drenagem urbana sustentável, com pavimentos permeáveis associados às trincheiras de infiltração, atendendo aos critérios da gestão da drenagem das águas pluviais compensatórias.

Isto se evidencia quando considerados que todos os eixos de transformação do uso do solo estão situados em áreas à montante da cidade, em cotas altimétricas acima das verificadas na Avenida Comercial dos Pioneiros, um dos pontos onde ocorreram as maiores transformações do uso do solo, sendo impactados com frequência pelos alagamentos no Gama(DF).

A propósito, o setor sul é uma área que se situa quase no limite da chapada da contagem. Há um bom potencial para implementação de medidas compensatórias podendo-se tornar um “setor esponja da cidade”. O projeto urbanístico dos logradouros públicos e seus aspectos naturais permitem a aplicação de técnicas compensatórias para mitigar os alagamentos, e potencializar a dinâmica natural dos processos hidrológicos e não colocando em risco o equilíbrio ambiental na região da cabeceira de drenagem do rio Alagado.

Além das áreas livres, em todos os setores, o mapeamento de 2007 identificou 123 (cento e vinte e três) que podem ter a funcionalidade típica de condicionante urbano. São os imóveis que abrigam os órgãos públicos e as áreas de lazer e esporte, as quais não foram consideradas nos resultados do estudo.

Os alagamentos na cidade do Gama (DF) são frequentemente noticiados nos meios de comunicação de massa, indicando o problema independente da magnitude dos eventos hidrológicos. Indicando a correlação do desenvolvimento urbano, a alta impermeabilização do solo, e conseqüentemente do aumento da velocidade dos escoamentos superficiais aliados à ineficiência do sistema implementado e de falhas na gestão da drenagem urbana.

Nesse contexto, os alagamentos podem ser agravados em razão da maneira de como o solo é ocupado, inclusive com incentivo institucional sob o discurso do planejamento que busca a ordem urbana, a qualidade de vida e equilíbrio ambiental, mas na prática favorece as práticas urbanas que revelam incongruências na equação sociedade/natureza favorecendo apenas um em prejuízo de outro. No caso dos impactos na drenagem urbana decorrentes das transformações socioeconômicas da cidade revelam que as ações governamentais descumprem as agendas oficiais. Menoscabam aspectos como a gestão participativa e a articulação com outras políticas setoriais.

Por outro lado, a região na qual a cidade está incluída tem um período de longa estiagem. De certo modo, isso induz os habitantes locais a se acomodarem, reforçando consciente ou inconscientemente práticas urbanas que provocam o mal funcionamento do sistema de drenagem instalado, potencializando a ocorrência dos alagamentos e dos danos daí decorrentes.

Outro desafio para o enfrentamento da questão seria articular a educação ambiental com na política de gestão da drenagem urbana. Iniciando programas e ações pelas escolas da cidade, é preciso conscientizar a população incentivando a mudanças nos hábitos relacionados às práticas urbanas prejudiciais ao sistema. Por isso, deve-se estimular a destinarem adequadamente os resíduos urbano-industriais, destacando os efeitos da impermeabilização do solo no processo hidrológico e sobre os impactos socioambientais negativos associados aos resíduos urbanos. Ferramentas da Geografia podem ser uteis para estimular a percepção a partir da categoria espacial do lugar, onde o Espaço vivido deve ser percebido e valorizado pela comunidade como ambiente que faz parte da vida de cada um que pode trazer benefícios como a qualidade de vida para todos.

Neste contexto, os espaços livres nas cidades considerados de uso comum do povo devem ser concebidos e percebidos no processo de planejamento urbano como categoria própria de uso do solo, a partir do espaço vivido das cidades. Assim sendo, a despeito de as transformações na paisagem por meio da dinâmica socioeconômica e do aumento do coeficiente de densidade urbana o estudo mostrou que a cidade do Gama (DF) ainda conta com disponibilidade de áreas livres com potencial para implementação de dispositivos compensatórios em drenagem urbana, dando-lhes funcionalidade socioambiental urbana.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Júlia Maria de Paula; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 117-124, 2003. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9821/9781>. Acesso em: 9 maio 2023.

BAPTISTA, Márcio Bendito; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005.  
BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de Chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. -2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. **Bacias Hidrográficas Urbanas**. In: GUERRA, Antônio José Teixeira (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280 p.

BRANDÃO, Bruno. RA II – Gama. **InforBrasília**, Brasília, [s. d.]. Disponível em: <https://www.inforbrasil.com.br/2014/03/ra-ii-gama.html>. Acesso em: 9 maio 2023.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Estatuto da Cidade. Brasília, 2001. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm). Acesso em: 1º jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA, 2018. 356 p.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. São José dos Campos, SP, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br>. Acesso em: 08 jun. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Organizadores: Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, Brasília: Ministério das Cidades: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007a. 176 p.

BRASIL. Ministério do Planejamento. **Instituto Brasileira de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 08 mai 2023.

BRASIL. Ministério do Planejamento. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Diretoria de Geociência. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 27 set 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 1º jul. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 1996. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm). Acesso em: 1º jul. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm). Acesso em: 1º jul. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm). Acesso em: 1º jul. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). Brasília, 2007b. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm). Acesso em: 1º jul. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 1º jul. 2023.

BRITO, Débora Silva de. **Metodologia para seleção de alternativas de sistemas de drenagem**. 2006. 117 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3319/1/2006\\_Debora%20Silva%20de%20Brito.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3319/1/2006_Debora%20Silva%20de%20Brito.pdf). Acesso em: 1º jul. 2023.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 304 p.

CAJAZEIRO, Joana Maria Drumond. **Análise da susceptibilidade à formação de inundações nas bacias e áreas de contribuição do Ribeirão Arrudas e Córrego da Onça em termos de índices morfométricos e impermeabilização**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação, Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

CHEBBO, Ghassan; GROMAIRE, Marie-Chistine; AHYERRE, M.; GARNAUD, S. Production and transport of urban wet weather pollution in combined sewer systems: the “Marais” experimental urban catchment in Paris. **Urban Water**. [s. l.], v. 3, n. 1-2, p. 3-15, mar./jun. 2001.

CHRISTOPHERSON, Robert W. **Geossistemas**: uma introdução à Geografia Física. Tradução: Francisco Eliseu Aquino et al. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

DELLA GIUSTINA, Carlos Christian. **Avaliação do potencial de poluição de recursos hídricos a partir de águas pluviais de áreas urbanas**: o caso da bacia do Paranoá-DF. 2006. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

DISTRITO FEDERAL. Administração Regional do Gama. #RAIOXSEMANAL. **Organograma Administrativo. Carta de Serviços**. Administração Regional do Gama, Brasília, 31 out. 2021. Disponível em: <https://www.gama.df.gov.br/2021/10/31/raioxsemanal/>. Acesso em: 14 maio 2022.

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **Estações pluviométricas do Distrito Federal**. Brasília: [s. n.], 2018a.

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **Manual de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do Distrito Federal**. Ed. rev. e atual. Brasília: ADASA, 2018b.

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal (PDDU-DF)**. Brasília: [s. n.], 2009.pddu

DISTRITO FEDERAL. **Companhia de Planejamento do Distrito Federal**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/>. Acesso em: 14 maio 2022.

DISTRITO FEDERAL. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Atlas do Distrito Federal**. Brasília: SEPLAG, 2017a.

DISTRITO FEDERAL. Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil. **Limpeza de boca de lobo**. Brasília, 26 jun. 2020. Disponível em: <https://www.novacap.df.gov.br/limpeza-de-boca-de-lobo/>. Acesso em: 15 maio 2023.

DISTRITO FEDERAL. Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil. **Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial no Distrito Federal**. Brasília, 2019. Disponível em: [https://caudf.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/Termo\\_de\\_Referencia\\_21151132\\_Termo\\_de\\_fererencia\\_e\\_Especificacoes\\_Para\\_elaboracao\\_de\\_Projeto\\_de\\_Sistema\\_de\\_Drenagem\\_Pluvial\\_no\\_DF\\_Abril\\_de\\_2019\\_\\_1\\_.pdf](https://caudf.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/Termo_de_Referencia_21151132_Termo_de_fererencia_e_Especificacoes_Para_elaboracao_de_Projeto_de_Sistema_de_Drenagem_Pluvial_no_DF_Abril_de_2019__1_.pdf). Acesso em: 08 jun. 2022.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto nº 38.903, de 6 de março de 2018**. Aprova o Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Brasília, 2018c. Disponível em

[http://www.tc.df.gov.br/sinj/Norma/06c9ef0946614f4481fb31822a6444ac/exec\\_dec\\_38903\\_2018.html](http://www.tc.df.gov.br/sinj/Norma/06c9ef0946614f4481fb31822a6444ac/exec_dec_38903_2018.html). Acesso em: 9 maio 2022.

DISTRITO FEDERAL. Fundação Educacional do Distrito Federal. **Atlas histórico e geográfico do Distrito Federal**. Brasília: [s. n.], 1997.

DISTRITO FEDERAL. **Lei nº 5.418, de 27 de novembro de 2014**. Dispõe sobre a Política Distrital de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Brasília, 2014.

DISTRITO FEDERAL. **Lei nº 5.965, de 16 de agosto de 2017**. Cria o programa IPTU Verde, que dispõe sobre a redução no Imposto Predial e Territorial Urbano - IPTU como incentivo ambiental destinado a proteger, preservar e recuperar o meio ambiente. Brasília, 2017b. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=348217#:~:text=Cria%20o%20programa%20IPTU%20Verde,do%20%C2%A7%206%20do%20art>. Acesso em: 9 maio 2022.

DISTRITO FEDERAL. **Lei Complementar nº 728, de 18 de agosto de 2006**. Aprova o Plano Diretor Local da Região Administrativa do Gama – RA II, conforme o disposto no Art. 316 da Lei Orgânica do Distrito Federal. Brasília, 2006. Disponível em: [https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/54600/Lei\\_Complementar\\_728\\_18\\_08\\_2006.html](https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/54600/Lei_Complementar_728_18_08_2006.html). Acesso em: 15 maio 2023.

DISTRITO FEDERAL. **Resolução nº 9, de 8 de abril de 2011**. Estabelece os procedimentos gerais para requerimento e obtenção de outorga de lançamento de águas pluviais em corpos hídricos de domínio do Distrito Federal e naqueles delegados pela União e Estados. Brasília, 2011. Disponível em: [https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/67835/Resolu\\_o\\_9\\_08\\_04\\_2011.html](https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/67835/Resolu_o_9_08_04_2011.html). Acesso em: 08 jun. 2022.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal. GeoPortal. Brasília, [s. d.]. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>. Acesso em: 08 jun. 2022.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Fazenda, Planejamento, Orçamento e Gestão do Distrito Federal. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Pesquisa Distrital por Amostras de Domicílio – PDAD**. Brasília: SEPLAN: CODEPLAN, 2018d.

DISTRITO FEDERAL. Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. Política Distrital de Saneamento Básico. Brasília, [s. d.]. Disponível em: <https://www.slu.df.gov.br/planos/plano-distrital-de-saneamento-basico/#:~:text=O%20Plano%20Distrital%20de%20Saneamento,b%C3%AAsico%20com%20qualidade%2C%20equidade%20e>. Acesso em: 08 jun. 2022.

EITEN, George. **Vegetação do Cerrado**. In: PINTO, Maria Novaes (Org). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: UnB: SEMATEC, 1993. Cap. 1. p. 17-73.

FERNANDES, C. - MICRODRENAGEM - Um Estudo Inicial, DEC/CCT/UFPB, Campina Grande, 2002. <[http://www.saneamento10.hpg.ig.com.br/HDren\\_14.html](http://www.saneamento10.hpg.ig.com.br/HDren_14.html)>, acessado em 26/11/08.

FERREIRA, Márcio Brito Silva. Planejamento Urbano às Avesas: Estudo de Caso: A Dinamização do Setor Leste Industrial do Gama. (Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Direito Urbanístico e Regulação Ambiental) – Centro Universitário de Brasília, Distrito Federa. 2015.

**Chuva Intensa Causa Alagamentos e Queda de Árvores no Distrito Federal.** G1 DF, 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2022/12/24/video-e-fotos-chuva-intensa-causa-alagamentos-e-queda-de-arvores-no-df.ghtml>>. Acesso em: 26 de dezembro 2022.

GONÇALVES, Carlos Roberto. **Direito Civil brasileiro.** 19. ed. São Paulo: Saraiva Jur, 2021.

GOOGLE EARTH PRO. [S. 1.], 2023. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/>. Acesso em: 08 jun. 2023.

GRIBBIN, John E. **Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais.** Tradução: Glauco Peres Damas. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 494 p.  
GUERRA, Antônio José Teixeira (Org.). **Geomorfologia urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280 p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

HOLTZ, Antônio Carlos Tatit; PINTO, Nelson L. de Sousa; MARTINS, José Augusto; GOMIDE, Francisco Luiz Sibut. **Hidrologia Básica.** São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

JUSTINO, Eliane Aparecida. **Estudo do controle do escoamento superficial com o uso de reservatório de retenção na bacia do Córrego Lagoinha, município de Uberlândia –MG.** (Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). 185p. Uberlândia, 2004.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches.; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reuso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003. 579 p.

MARTINS, Éder de Souza; REATTO, Adriana; CARVALHO JUNIOR, Osmar Abílio de; GUIMARÃES, Renato Fontes. **Evolução geomorfológica do Distrito Federal.** Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2004. 57 p. (Documentos EMBRAPA Cerrados, n. 122).

MARQUES, Cláudia Elisabeth Bezerra. **Proposta de Método para Formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana.** 2006. 153 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/03/ClaudiaElisabeth.pdf>. Acesso em: 1º jul. 2023.

NEVES, Marllus Gustavo Ferreira Passos das; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Composição de resíduos de varrição e resíduos carreados pela rede de drenagem, em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental.**, v. 16, n. 4, p. 331-336, out./dez. 2011.

NETO, Antonio Cardoso. Sistemas Urbanos de Drenagem.[s.d.]<<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC>>. acesso em 26/11/08.

NETTO, Ana Luiza Coelho. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 93-148.

PIMENTEL, Irene Maria Chaves. **Avaliação quali-quantitativa do riacho Reginaldo e seus afluentes**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

PINTO, Maria Novaes. Distrito Federal: caracterização geomorfológica. In: PINTO, Maria Novaes (Org). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: UnB: SEMATEC, 1993. Cap. 9. p. 285-320.

PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: manual de drenagem urbana**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. v. IV.

REIS, Patrícia Elizamma. **O escoamento superficial como condicionantes de inundação em Belo Horizonte, MG: estudo de caso da Sub-Bacia Córrego do Leitão, Bacia do Ribeirão Arrudas**. 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ROSSMAN, Lewis A. **EPA SWMM 5.0: Modelo de Gestão de Drenagem Urbana: manual do usuário**. Tradução: Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento Universidade Federal da Paraíba, UFPB. João Pessoa: UFPB-ENHS, PROCEL-ELETROBRÁS, 2012.

SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa; RIBEIRO, José Felipe (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 2 v. 1279 p.

SANTOS, M. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. Ed. USP, 4ª. Edição, 2006. 260p.

SÃO PAULO (Cidade). **Lei nº 13.276, de 5 de janeiro de 2002**. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>. São Paulo, 2002. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-paulo/lei-ordinaria/2002/1328/13276/lei-ordinaria-n-13276-2002-torna-obrigatoria-a-execucao-de-reservatorio-para-as-aguas-coletadas-por-coberturas-e-pavimentos-nos-lotes-edificados-ou-nao-que-tenham-area-impermeabilizada-superior-a-500m2>. Acesso em: 08 jun. 2022.

SILVA, João Sudário. Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso e cobertura da terra da bacia do rio Alagado (Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Latu Sensu* em Geoprocessamento da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Minas Gerais, MG, 2022. 71 p.

SOARES, M.R.G.; FIORI, C.O.; SILVEIRA, C.T.; KAVISKI, E. **Eficiência do Método Curve Number de Retenção de Águas Pluviais**. Mercator, UFC, v. 16, Fortaleza, 2017.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Mudar a cidade**: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbana. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 560 p.

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade. **Gesta**, [s. l.], p. 057-072, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105/4877>. Acesso em: 8 jun. 2022.

STEIMBERGER, Marília (Org.). **Território, ambiente e políticas públicas espaciais**. Brasília: Paralelo 15: LGE Editora, 2006.

STEINKE, Ercília Torres; BARROS, Juliana Ramalho. Tipos de tempos e desastres urbanos no Distrito Federal entre 2000 e 2015. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 1435-1453, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233484/27166>. Acesso em: 8 jun. 2022.

SUSTENTABILIDADE. **Clima Pesado**. Geografia: Conhecimento Prático. São Paulo. 2014: Núm. 56. Págs. 46-47.

TRAVASSOS, Luciana Rodrigues Fagnoni Costa. **A dimensão socioambiental da ocupação dos fundos de vale urbanos no município de São Paulo.2004**. Dissertação (mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

Tucci, Carlos E. M. **Gestão da Drenagem Urbana**. CEPAL-IPEA, 48. Brasília, DF: 2012. 50p

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Desenvolvimento urbano e uso do solo. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BERTONI, Juan Carlos (Orgs.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003a. p. 275-323.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH: Rhama, 2007. 393 p. (Coleção ABRH, n. 11).

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BERTONI, Juan Carlos (Orgs.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; MENDES, Carlos André. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: MMA, 2006. 302 p.

VIANELLO, Rubens Leite. **A estação meteorológica e seu observador**. [Brasília]: INMET, 2011.