

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**DESENVOLVIMENTO DE UM ÍNDICE DE  
VULNERABILIDADE URBANA A ALAGAMENTOS EM  
MUNICÍPIOS BRASILEIROS A PARTIR DOS DADOS DO  
SNIS**

**MARILIA CANDIDA PINTO BORGES**

**ORIENTADOR: CARLOS HENRIQUE RIBEIRO LIMA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM  
TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS**

**BRASÍLIA / DF: 29 de AGOSTO de 2023**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E**  
**AMBIENTAL**

**DESENVOLVIMENTO DE UM ÍNDICE DE**  
**VULNERABILIDADE URBANA A ALAGAMENTOS EM**  
**MUNICÍPIOS BRASILEIROS A PARTIR DOS DADOS DO**  
**SNIS**

**MARILIA CANDIDA PINTO BORGES**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRA EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS.

**APROVADA POR:**

---

**CARLOS HENRIQUE RIBEIRO LIMA, PhD (UnB)**  
**(ORIENTADOR)**

---

**SÉRGIO KOIDE, PhD (ENC-UnB)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**PRISCILLA MACEDO MOURA, PhD (UFMG)**  
**(EXAMINADOR EXTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 29 de AGOSTO de 2023.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

BORGES, MARILIA CANDIDA PINTO

Desenvolvimento de um índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros a partir dos dados do SNIS.

x, 188p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestra, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2021).

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Vulnerabilidade

2. Inundações urbanas

3. SNIS

4. Planejamento e gestão das águas urbanas

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORGES, M.C.P. (2023). Desenvolvimento de um índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros a partir dos dados do SNIS. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 188p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marilia Candida Pinto Borges

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Desenvolvimento de um índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros a partir dos dados do SNIS.

GRAU / ANO: Mestra em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos / 2023

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

---

Marilia Candida Pinto Borges  
QNP 14 CONJUNTO E LOTE 50 CASA 02  
72.231-405 - Ceilândia/DF - Brasil

*“É o grau de comprometimento que determina o sucesso  
e não o número de seguidores.”  
Remo Lupin - J. K. Rowling*



## AGRADECIMENTOS

Nesse momento eu sou apenas gratidão.

Primeiro, gratidão a Deus por não me abandonar em nenhum momento desse processo, mesmo nos momentos em que eu O abandonei. Obrigada por me dar forças e me enviar exatamente aquilo que eu precisava.

Agradeço aos meus pais, Maria Auxiliadora e Dionísio, por terem feito tudo por mim e me dado a oportunidade de realizar os meus sonhos. Obrigada por terem ficado ao meu lado e me dado suporte em todos os momentos. Vocês são a razão de eu continuar buscando o melhor sempre.

Agradeço à minha irmã, Gabi, por ser meu ponto de luz, alegria e paz em todos os momentos. A Ia vai continuar fazendo o melhor por você, minha pequena.

Agradeço ao meu companheiro, Ewerton, por toda paciência e compreensão quando eu não era eu, mas apenas a pesquisadora. Obrigada, gato. Seu suporte e apoio me ajudaram a finalizar mais uma etapa. Aguardemos as cenas dos próximos capítulos.

Agradeço ao meu orientador Carlos por ter me desafiado com um tema tão importante e inovador. Sua orientação foi essencial para concluirmos esse trabalho e espero podermos avançar muito mais no futuro.

Agradeço a todos os meus professores do PTARH por serem os melhores professores. Olhar para vocês faz os meus olhos brilharem e meu coração ficar quentinho. Obrigada por serem tão essenciais e me permitirem acessar um pouquinho de seu vasto conhecimento. Sem vocês a UnB não seria tão especial para mim.

Agradeço aos meus colegas de turma, os quais eu pouco conheço, pois vivemos o mestrado em meio à uma pandemia, mas que, ainda assim, se dispuseram em ajudar uns aos outros e tornaram o processo um pouco mais leve. Obrigada, Thiago e Dani Valencia. A ajuda de vocês com o R foi essencial.

Agradeço de coração à equipe do SNIS, da qual faço parte, por terem me dado suporte e apoio para realizar essa pesquisa. Em especial, agradeço ao meu coordenador-geral, Paulo Rogério, e meu coordenador de TI e Comunicação, Volnei, por serem compreensivos quando precisei e por se preocuparem com todo o processo. Agradeço à equipe SNIS-AP, composta

pelo Wagner, Vinícius, Fernanda e Romário, por sempre estarem dispostos a tirar minhas dúvidas e me explicarem os diferentes processos do sistema.

Agradeço, também, aos meus colegas de trabalho e amigos do coração, Daiana, Tatiana, Thaianna, Iara, Romário, Matheus, Daniel, Silvia e Mayara, por serem um porto seguro, por me ouvirem e me darem uma luz quando necessário. Vocês foram essenciais para eu não ficar louca.

Meu último agradecimento é para aqueles que não sabem que estou aqui, mas que estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis. Suas vozes me acalmaram, me deram força e não me deixaram desistir. Obrigada, Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung, Jeon Jungkook. Espero que os frutos do meu trabalho me levem até vocês em 2025. E obrigada, meu Chester Bennington. Continuarei seguindo em frente e sendo mais uma luz no mundo.

## RESUMO

A vulnerabilidade é um conceito essencial para o desenvolvimento de estratégias de mitigação de riscos em diferentes níveis. Considerá-la na gestão das águas urbanas é uma atividade essencial para a redução efetiva e de longo prazo dos riscos de desastres.

Considerando os eventos de cheias que resultam na ocorrência de alagamentos, que estão diretamente ligados às infraestruturas de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (DMAPU), o presente trabalho utiliza os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, módulo Águas Pluviais (SNIS-AP), para a construção de um Índice de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos em municípios brasileiros. A partir de um conjunto de diversas variáveis relacionado ao SNIS-AP, utilizou-se a Análise das Componentes Principais (ACP) como ferramenta para selecionar um subconjunto daquelas que mais respondem pela variabilidade do conjunto de dados, e a partir daí foram criados índices de vulnerabilidade que contemplam os aspectos de planejamento, infraestrutura, gestão de risco e manutenção da drenagem urbana.

A partir do Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos, definido como a soma dos índices padronizados para cada categoria, foi possível identificar 406 municípios com alta ou muito alta vulnerabilidade, dos quais 15 estão localizados no Norte, o que corresponde a 3,3% dos municípios dessa macrorregião, 67 no Nordeste (3,7% do total de municípios da região), 170 no Sudeste (10,2% dos municípios totais da região), 129 no Sul, sendo 10,8% dos municípios totais da região, e 25 no Centro-Oeste (5,4% do total de municípios da região). A validação do índice definido consistiu na análise do registro de eventos de cheias que resultaram em alagamentos, em determinados municípios, e de seus impactos para a população. A classificação de vulnerabilidade feita a partir do índice definido tende a ser coerente com os registros identificados, sendo observado que a adoção de medidas de planejamento e de gestão de risco contribuem significativamente para a redução de sua vulnerabilidade.

A análise voltada para eventos de alagamentos contribui para a identificação de deficiências nos sistemas de DMAPU. O presente estudo vai além das análises de eventos de inundações, que se concentram em regiões em que existem corpos hídricos em áreas urbanas, se esforçando para identificar situações de vulnerabilidade nas mais diversas configurações municipais brasileiras, sendo essa uma importante e inovadora ferramenta para a gestão das águas urbanas.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade; Inundações; SNIS; Gestão das águas urbanas.

## ABSTRACT

Vulnerability is an essential concept for the development of risk mitigation strategies at different levels. Considering it in urban water management is an essential activity for the effective and long-term reduction of disaster risks.

Considering the flood events that result in the occurrence of flooding, which are directly linked to the infrastructure for drainage and management of urban rainwater (DMUR), the present work uses data from the National System of Information on Sanitation, module Rainwater (SNIS- AP), for the construction of an Index of Urban Vulnerability to Flooding in Brazilian municipalities. From a set of several variables related to the SNIS-AP, Principal Component Analysis (PCA) was used as a tool to select a subset of those that most account for the variability of the data set, and from there, indexes of vulnerability that include aspects of planning, infrastructure, risk management and maintenance of urban drainage.

Based on the General Index of Urban Vulnerability to Floods, defined as the sum of the standardized indices for each category, it was possible to identify 406 municipalities with high or very high vulnerability, of which 15 are located in the North, which corresponds to 3.3% of the municipalities of this macro-region, 67 in the Northeast (3.7% of the region's total municipalities), 170 in the Southeast (10.2% of the region's total municipalities), 129 in the South, being 10.8% of the region's total municipalities , and 25 in the Central-West (5.4% of the total municipalities in the region).The validation of the defined index consisted of analyzing the record of flood events that resulted in flooding, in certain municipalities, and their impacts on the population. The vulnerability classification made from the defined index tends to be consistent with the identified records, and it is observed that the adoption of planning and risk management measures contribute significantly to the reduction of its vulnerability.The analysis focused on flooding events contributes to the identification of deficiencies in the DMAPU systems. The present study goes beyond the analysis of flood events, which are concentrated in regions where there are water bodies in urban areas, striving to identify situations of vulnerability in the most diverse Brazilian municipal configurations, which is an important and innovative tool for the management of urban waters.

**Keywords:** Vulnerability; Floods; SNIS; Urban water management.

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 - OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 - OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>6</b>
<b>3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 - IMPACTOS DA EXPANSÃO DAS ÁREAS URBANAS.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.1 - Inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.2 - Eventos hidrológicos impactantes no Brasil .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 - PERIGOS NATURAIS, DESASTRES E RISCO .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3 - BREVE ESTUDO SOBRE VULNERABILIDADE .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3.1 - Conceitos sobre a vulnerabilidade.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3.2 - Dimensões da vulnerabilidade .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.3 - Estruturas para medir a vulnerabilidade .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.4 - Índices de vulnerabilidade .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4 - GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4.1 - Sistemas Clássicos e Alternativos de Drenagem Urbana .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.2 - Gestão das Águas Pluviais Urbanas no Brasil.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.3 - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS .....</b>	<b>31</b>
<b>4 - METODOLOGIA.....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 - ETAPA 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>4.2 - ETAPA 2 - DEFINIÇÃO DA AMOSTRA DE ESTUDO.....</b>	<b>35</b>
<b>4.3 - ETAPA 3 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.1 - Preparação da base de dados.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.2 - Análise de Componentes Principais .....</b>	<b>43</b>

<b>4.4 - ETAPA 4 - ÍNDICE DE VULNERABILIDADE URBANA A ALAGAMENTOS .....</b>	<b>44</b>
<b>4.5 - ETAPA 5 - VALIDAÇÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>4.6 - ETAPA 6 E ETAPA 7 - APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>5.1 - AVALIAÇÃO DA ADEQUABILIDADE DA BASE DE DADOS E DA AMOSTRA DE ESTUDO.....</b>	<b>48</b>
<b>5.2 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....</b>	<b>50</b>
<b>5.2.1 - ACP - Planejamento .....</b>	<b>53</b>
<b>5.2.2 - ACP - Infraestrutura .....</b>	<b>56</b>
<b>5.2.3 - ACP - Gestão de Risco.....</b>	<b>60</b>
<b>5.2.4 - ACP - Drenagem sustentável e Manutenção .....</b>	<b>61</b>
<b>5.3 - ÍNDICE DE VULNERABILIDADE URBANA A ALAGAMENTOS .....</b>	<b>62</b>
<b>5.3.1 - Índice de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos por classes .....</b>	<b>63</b>
5.3.1.1 - Categoria Planejamento.....	63
5.3.1.2 - Categoria Infraestrutura.....	69
5.3.1.3 - Categoria Gestão de Risco .....	76
5.3.1.4 - Categoria Drenagem sustentável e Manutenção .....	82
<b>5.3.2 - Índice de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos por classificação numérica .....</b>	<b>83</b>
<b>5.3.3 - Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos.....</b>	<b>89</b>
<b>5.4 - VALIDAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE URBANA A ALAGAMENTOS .....</b>	<b>93</b>
<b>5.4.1 - Estudo de caso: Belo Horizonte/MG, São Paulo/SP e o estado da Bahia .....</b>	<b>95</b>
5.4.1.1 - Belo Horizonte/MG.....	95

5.4.1.2 -	São Paulo/SP .....	98
5.4.1.3 -	Estado da Bahia.....	102
<b>6 -</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>109</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>114</b>
	<b>ANEXO A - RELAÇÃO DE VARIÁVEIS DO SNIS-AP - GLOSSÁRIO DE INFORMAÇÕES 2021.....</b>	<b>113</b>
	<b>ANEXO B - RELAÇÃO DE VARIÁVEIS DO SNIS-AP - GLOSSÁRIO DE INDICADORES 2021.....</b>	<b>152</b>
	<b>ANEXO C - VARIÁVEIS DO SNIS-AP CUJA RESPOSTA É DO TIPO TEXTUAL.. .....</b>	<b>160</b>

# LISTA DE ABREVIACÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

AC	Análise de Cluster
ACP	Análise de Componentes Principais
CGE	Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DMAPU	Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MCidades	Ministério das Cidades
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>
PDD	Plano Diretor de Drenagem
PPA	Plano Plurianual
S2ID	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNIS-AP	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Águas Pluviais
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental



## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Distribuição percentual da população dos Censos Demográficos, segundo as Grandes Regiões e a situação do domicílio - 1960/2010. ....	7
Tabela 3.2 - Relação das famílias de informações coletadas pelo SNIS-AP na coleta piloto. ....	33
Tabela 4.1 - Descrição das variáveis habilitadas e/ou calculadas com a resposta afirmativa ao campo IE031. ....	40
Tabela 4.2 - Distribuição da amostra de estudo, considerando os municípios participantes das coletas do SNIS-AP com anos base 2017 a 2021. ....	40
Tabela 4.3 - Descrição das variáveis selecionadas para a Análise de Componentes Principais. ....	41
Tabela 4.4 - Classificação da vulnerabilidade. ....	45
Tabela 4.3 - Descrição das variáveis selecionadas para a Análise de Componentes Principais. ....	50
Tabela 5.1 - Categorização das variáveis por componente principal após a rotação Varimax. ....	52
Tabela 5.2 - Novos indicadores de planejamento criados para a ACP. ....	54
Tabela 5.3 - Carregamentos ( <i>loadings</i> ) das componentes principais da categoria Planejamento. ....	55
Tabela 5.4 - Novo indicador de Infraestrutura criado para a ACP. ....	57
Tabela 5.5 - Carregamentos ( <i>loadings</i> ) das componentes principais da categoria Infraestrutura. ....	57
Tabela 5.6 - Novos indicadores de Infraestrutura criados para a ACP, considerando as variáveis derivadas da informação IE031 = SIM. ....	58
Tabela 5.7 - Carregamentos ( <i>loadings</i> ) das componentes principais da categoria Infraestrutura, considerando as variáveis derivadas da informação IE031 = Sim. ....	59

Tabela 5.8 - Carregamentos ( <i>loadings</i> ) das componentes principais da categoria Gestão de Risco. ....	61
Tabela 4.4 - Classificação da vulnerabilidade. ....	90
Tabela 5.9 - Análise dos municípios do estado da Bahia - evento de precipitação em 25/12/2021. ....	104

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 3.1 - Fluxograma dos impactos causados pela urbanização.....	8
Figura 3.2 - Ocorrência de inundações, enchentes e alagamentos no meio urbano. ....	10
Figura 3.3 - Registros de inundações, enchentes e alagamentos no Brasil. ....	11
Figura 3.4 - O triângulo do risco. ....	14
Figura 3.5 - Componentes do sistema clássico de drenagem. ....	27
Figura 3.6 - Ciclo anual de coleta do SNIS. ....	32
Figura 4.1 - Fluxograma das etapas da pesquisa. ....	35
Figura 4.2 - Evolução da participação dos municípios no SNIS-AP ao longo dos anos de referência. ....	36
Figura 5.1 - Distribuição espacial dos municípios selecionados para a amostra de estudo.	47
Figura 5.2 - Correlograma das variáveis selecionadas para a ACP.....	48
Figura 5.3 - Análise paralela para a seleção das 9 CPs resultantes da ACP.....	51
Figura 5.4 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Planejamento - Caracterização urbana. ....	64
Figura 5.5 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Planejamento - Instrumentos de planejamento e gestão.....	67
Figura 5.6 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Planejamento - Caracterização geral dos municípios.....	69
Figura 5.7 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Infraestrutura - Caracterização da rede de drenagem. ....	70
Figura 5.8 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Infraestrutura - Caracterização do sistema de drenagem.....	73
Figura 5.9 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Infraestrutura - Caracterização das infraestruturas de suporte. ....	75

Figura 5.10 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Gestão de Risco - Resposta a desastres. ....	77
Figura 5.11 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Gestão de Risco - Domicílios em situação de risco de inundação. ....	79
Figura 5.12 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Gestão de Risco - Sistemas de alerta de riscos hidrológicos. ....	80
Figura 5.13 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Gestão de Risco - Mapeamento de riscos de inundação. ....	81
Figura 5.14 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Drenagem sustentável e Manutenção. ....	83
Figura 5.15 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Planejamento - Classificação numérica. ....	85
Figura 5.16 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Infraestrutura - Classificação numérica. ....	86
Figura 5.17 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Gestão de Risco - Classificação numérica. ....	88
Figura 5.18 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade para a amostra de estudo - Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos. ....	91
Figura 5.19 - Registro de notícias acerca da ocorrência de alagamentos no município de Belo Horizonte/MG no ano de 2021. ....	97
Figura 5.20 - Registro de impactos resultantes da ocorrência de alagamentos no município de Belo Horizonte/MG no ano de 2021. ....	98
Figura 5.21 - Registro de alagamentos no portal do CGE da Prefeitura do município de São Paulo/SP, no ano de 2021. ....	100
Figura 5.22 - Registro de alagamentos no município de São Paulo/SP, no ano de 2021. ..	100
Figura 5.23 - Registro de alagamentos no município de João Dourado//BA, no ano de 2021. ....	103

## 1 - INTRODUÇÃO

A busca por melhores condições de vida favoreceu a intensificação dos processos de urbanização de forma desordenada e sem planejamento (Righetto, 2009). As modificações do uso e ocupação do solo causam o aumento da impermeabilização das superfícies, o aumento das áreas expostas e das fontes de poluição difusa, que por sua vez resultam em erosão, assoreamento de corpos hídricos, aumento da velocidade do escoamento superficial e da vazão de pico, e em mudanças significativas na qualidade da água (Tucci, 2003).

Como consequência das alterações no escoamento superficial, destacam-se eventos como as inundações, as enchentes, as enxurradas e os alagamentos. Tais eventos podem ser englobados nos chamados eventos de cheias, que podem ser definidos como o período do ano hidrológico associado à ocorrência das maiores precipitações (Miguez *et al.*, 2018), ou seja, as cheias podem ser entendidas como o conjunto dos eventos de inundações, enxurradas, enchentes e alagamentos.

As inundações são definidas como a submersão de áreas fora dos limites normais de um curso d'água em zonas que, normalmente, não se encontram submersas, podendo o transbordamento ocorrer de forma gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planícies (BRASIL, 2012), ou de forma brusca, dependendo da topografia da região, que condiciona velocidades de escoamento e o tempo de ocorrência do fenômeno (Miguez *et al.*, 2018). As enchentes consistem na elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga, mas, ao contrário das inundações, não ocorre transbordamento (Brasil; IPT, 2007). As enxurradas podem ser entendidas como o escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, caracterizando-se pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial (BRASIL, 2012). Já os alagamentos são definidos como o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área decorrente da deficiência do sistema de drenagem (Brasil; IPT, 2007), ou seja, consistem na extrapolção da capacidade de escoamento de sistema de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas e outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas (BRASIL, 2012).

Desde o ano 2000, o Brasil sofreu eventos de cheias que causaram 3.312 mortes e afetaram mais de 9,3 milhões de habitantes. As perdas econômicas desses eventos totalizaram cerca de US\$ 9,3 bilhões (EM-DAT, 2023). Dados do Sistema Integrado de Informações sobre

Desastres (S2ID) registram, entre os anos de 2000 a 2021, 1.508 ocorrências de alagamentos que resultaram em 121 óbitos, 407 mil desabrigados e desalojados e em 3,4 milhões de habitantes afetados no total (Brasil, 2022a). De acordo com os dados coletados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, módulo Águas Pluviais (SNIS-AP), o país registrou cerca de 30 mil eventos hidrológicos impactantes (inundações, enxurradas e alagamentos) entre os anos de 2017 a 2021, que resultaram em 2.703 óbitos (Brasil, 2022b), dos quais 17 são decorrentes de eventos de alagamentos que afetaram cerca de 1,2 milhão de habitantes (Brasil, 2022a).

O risco de desastres se refere à probabilidade de ocorrência de consequências nocivas ou perdas resultantes de interações entre perigos naturais, ou induzidos pelo homem, em condições vulneráveis, considerando-se, também, os elementos que são realmente suscetíveis ao dano, ou seja, os elementos expostos ao dano (UN/ISDR, 2004). O risco pode ser entendido, então, como o produto do perigo (*hazard* em inglês), da exposição e da vulnerabilidade, em que o perigo (ou, ainda, a probabilidade de ocorrência) consiste em um tipo de desastre específico e caracterizado por sua frequência e gravidade; a exposição se refere à população ou propriedade presentes em zonas de perigo e que estão sujeitas a danos potenciais; e a vulnerabilidade é a capacidade das pessoas ou instituições de lidarem com um perigo, ou seja, ela existe como a característica intrínseca dos elementos que podem sofrer danos e seu valor indica uma propensão maior ou menor ao prejuízo (Schneiderbauer; Ehrlich, 2004; Miguez *et al.*, 2018).

A vulnerabilidade, amplamente definida como o potencial de perda, é um conceito essencial para o desenvolvimento de estratégias de mitigação de riscos nos níveis local, nacional e internacional (Cutter, 1996). Ela não é determinada apenas pelo tipo de perigo, mas é impulsionada por meios de vida precários, pelo grau de autoproteção ou proteção social, pelas qualificações e configurações institucionais e pelas estruturas de governança que definem o contexto geral em que uma pessoa ou comunidade vivencia e responde às consequências adversas de diferentes fenômenos (Birkmann, 2007; Cutter, 1996; Wisner *et al.*, 2003).

Assim, a gestão das águas urbanas deve ser estruturada de forma a considerar os aspectos econômicos, sociais, ambientais e institucionais da vulnerabilidade dos municípios brasileiros aos eventos hidrológicos impactantes. Identificar e medir riscos e vulnerabilidade, antes e após a ocorrência de um desastre, é uma atividade essencial para a

redução efetiva e de longo prazo dos riscos de desastres, uma vez que tal ação é capaz de auxiliar no planejamento e na implementação de medidas de prevenção e mitigação das consequências de tais eventos, bem como subsidiam os tomadores de decisão em diferentes aspectos, como a destinação de investimentos e recursos aos locais que necessitam de maior atenção.

A realização de um planejamento eficiente depende do conhecimento da realidade local, de modo a permitir ao gestor a identificação das particularidades da área de interesse, contribuindo para que a tomada de decisões esteja alinhada com as principais necessidades da região. Considerando o cenário no qual se destacam os eventos de cheias que resultam na ocorrência de alagamentos, que estão diretamente ligados às infraestruturas de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (DMAPU) e que, conseqüentemente, afetam tanto a população quanto a estrutura das cidades, entende-se como necessário conhecer a realidade dos municípios brasileiros no que diz respeito aos aspectos que influenciam na resposta a tais ocorrências.

O Brasil conta com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), gerido pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, do Ministério das Cidades (SNSA/MCidades), que coleta anualmente dados acerca da prestação dos serviços municipais de DMAPU, componente do saneamento básico diretamente ligado aos eventos de cheias. Os dados do módulo Águas Pluviais (SNIS-AP) subsidiam a formulação de políticas públicas, programas, projetos e ações no âmbito da drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, e a tomada de decisão quanto aos investimentos realizados no setor (Borges *et al.*, 2022).

Com o objetivo de aprimorar o conhecimento acerca da vulnerabilidade, diversas metodologias e ferramentas têm sido desenvolvidas, de modo a avaliar a vulnerabilidade e, assim, criar um vínculo entre seus conceitos teóricos e o processo diário de tomada de decisão (Balica *et al.*, 2012). Dentre tais ferramentas, destacam-se os índices de vulnerabilidade, que buscam fornecer uma compreensão mais ampla da vulnerabilidade, sendo instrumentos de apoio à gestão que buscam expressar, em um só valor, informações relacionadas com indicadores de distintas naturezas (Miguez *et al.*, 2018).

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros utilizando os dados do SNIS-AP. Tais dados fornecem informações referentes à infraestrutura de drenagem urbana,

bem como planejamento e gestão do setor, gestão do risco de inundação, entre outros aspectos. Com isso, pretendeu-se verificar quais variáveis do sistema são relevantes para a definição desse índice, bem como identificar municípios brasileiros que se encontram em situação de alta e muito alta vulnerabilidade urbana a alagamentos.

Ressalta-se que este estudo realiza uma análise voltada para os eventos de alagamentos, buscando identificar possíveis deficiências nos sistemas de DMAPU. Esse ponto difere de grande parte dos estudos sobre vulnerabilidade, que comumente se concentram na análise de eventos de inundações e em aspectos econômico-financeiros e sociais da vulnerabilidade, mas que geralmente não analisam infraestruturas de DMAPU e medidas preventivas que possam contribuir para o aumento ou para a redução da vulnerabilidade de diferentes regiões frente a eventos hidrológicos impactantes (Abson *et al.*, 2012; Balica *et al.*, 2009; Fernandez *et al.*, 2016; Mavhura, 2019; Rasch, 2015; Rudiarto; Pamungkas, 2020; Schmidlein *et al.*, 2011). O presente estudo busca analisar a vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros, considerando as mais diversas configurações municipais do país e não apenas aqueles que apresentam em seu território corpos hídricos que possam levar a eventos de inundações.

Dentre as diversas literaturas sobre índices de vulnerabilidade, destaca-se o estudo de Rasch (2015), que avalia a vulnerabilidade em uma escala de municípios brasileiros por meio de um índice de vulnerabilidade ao risco de inundação que incorpora dados socioeconômicos, ambientais e de ambientes construídos, que foi utilizado para medir a vulnerabilidade de municípios considerados urbanos no Brasil.

As principais diferenças entre o presente estudo e o de Rasch diz respeito às variáveis consideradas na construção do índice, uma vez que a autora utiliza dados sociais e econômicos como renda, idade, acesso à informação, economia, escolaridade, entre outros. No que se refere à infraestrutura, Rasch (2015) considera questões de acessibilidade para a população, bem como a qualidade das construções, avaliando o material utilizado nas paredes de edifícios. Ao contrário de Rasch, o presente estudo não considera aspectos socioeconômicos na análise da vulnerabilidade. Como o foco desse estudo são os eventos de alagamentos e não de inundações, sendo essa a principal diferença entre os trabalhos, são analisados aspectos físicos da infraestrutura de DMAPU, bem como as medidas preventivas implementadas nos municípios brasileiros.



A metodologia aplicada no presente estudo considera diferentes aspectos da gestão das águas urbanas como o planejamento, a infraestrutura de DMAPU, a gestão de risco e a existência de drenagem sustentável e manutenção dos sistemas. Por meio do índice definido foi possível classificar os municípios em diferentes níveis de vulnerabilidade. Ao final do estudo é realizada a validação do índice de vulnerabilidade por meio da análise histórica da ocorrência de eventos de cheias que resultaram em alagamentos e de seus impactos para a população, considerando municípios que se destacam devido ao registro de ocorrências de alagamentos,

O presente Capítulo apresentou uma breve introdução ao tema abordado nesse estudo. No Capítulo 02 serão apresentados os objetivos que se pretende alcançar ao final do projeto. O Capítulo 03 traz a Fundamentação Teórica e a Revisão Bibliográfica que subsidiaram a compreensão de conceitos chave, bem como apresenta uma série de trabalhos realizados nesta temática que contribuíram para a construção da Metodologia aplicada na pesquisa, apresentada no Capítulo 04. São apresentados e discutidos, no Capítulo 05, os resultados obtidos, seguido das Conclusões e Recomendações para trabalhos futuros (Capítulo 06).

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - OBJETIVO GERAL**

Construir um índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos para municípios brasileiros com base nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, módulo Águas Pluviais (SNIS-AP).

### **2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir as variáveis do SNIS-AP mais relevantes para o estudo da vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros;
- Elaborar um índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos para municípios brasileiros com base nas variáveis chave definidas;
- Identificar os municípios brasileiros participantes do SNIS-AP mais vulneráveis a eventos de alagamentos;
- Realizar a validação do índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos proposto no trabalho.

### 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 - IMPACTOS DA EXPANSÃO DAS ÁREAS URBANAS

A partir do século XX, o desenvolvimento urbano foi intensificado com a concentração de um grande número de pessoas em um espaço reduzido, gerando competição por recursos naturais como o solo e a água (Tucci, 2008). Em 1950, cerca de 70% da população mundial vivia em áreas rurais e apenas 30% compreendia a área urbana. No ano de 2014, 54% da população era urbana e estima-se que este valor continue a crescer, podendo atingir cerca de 66% no ano de 2050, caracterizando o cenário inverso presenciado em 1950 (UNDESA, 2014). O Brasil apresenta grande parte de sua população caracterizada como urbana, com cerca de 85% de seus habitantes vivendo nas cidades (Brasil, 2022b). A Tabela 3.1 mostra a evolução da distribuição da população urbana e rural nas macrorregiões brasileiras entre os anos de 1960 a 2010, de acordo com dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referente ao ano de 2010.

Tabela 3.1 - Distribuição percentual da população dos Censos Demográficos, segundo as Grandes Regiões e a situação do domicílio - 1960/2010.

(Adaptado de IBGE, 2010)

Grandes Regiões	1960 Urb.	1960 Rural	1970 Urb.	1970 Rural	1980 Urb.	1980 Rural	1991 Urb.	1991 Rural	2000 Urb.	2000 Rural	2010 Urb.	2010 Rural
<b>Brasil</b>	45,1	54,9	56,0	44,0	67,7	32,3	75,5	24,5	81,2	18,8	84,4	15,6
<b>Norte</b>	35,5	64,5	42,6	57,4	50,2	49,8	57,8	42,2	69,8	30,2	73,5	26,5
<b>Nordeste</b>	34,2	65,8	41,8	58,2	50,7	49,3	60,6	39,4	69,0	31,0	73,1	26,9
<b>Sudeste</b>	57,4	42,6	72,8	27,2	82,8	17,2	88,0	12,0	90,5	9,5	92,9	7,1
<b>Sul</b>	37,6	62,4	44,6	55,4	62,7	37,3	74,1	25,9	80,9	19,1	84,9	15,1
<b>Centro-Oeste</b>	37,2	62,8	50,9	49,1	70,7	29,3	81,3	18,7	86,7	13,3	88,8	11,2

Como consequência do processo de urbanização, o ciclo hidrológico sofre importantes alterações, uma vez que a cobertura do solo é modificada, substituindo-se uma cobertura vegetal por pavimentos impermeáveis (Tucci, 2003). A alteração da superfície da bacia por meio do processo de urbanização tem impactos significativos sobre o escoamento, podendo estes serem caracterizados quanto ao efeito que provocam no comportamento das enchentes, nas vazões mínimas e na vazão média, além das condições ambientais locais e a jusante (Tucci; Mendes, 2013). Alguns dos principais impactos do processo de urbanização são apresentados na Figura 3.1.

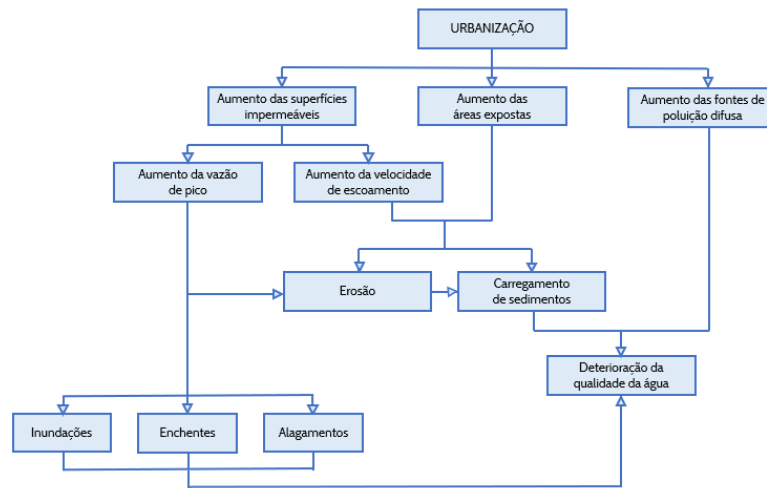


Figura 3.1 - Fluxograma dos impactos causados pela urbanização.  
(Adaptado de Borges, 2018)

Com as modificações realizadas no solo há uma redução da infiltração e o volume que deixa de infiltrar fica sobre a superfície, aumentando o escoamento superficial. Comumente são construídos condutos para este escoamento, o que faz com que a sua velocidade aumente, resultando em um menor tempo de deslocamento e, conseqüentemente, no aumento das vazões máximas e na antecipação de seus picos no tempo. O aumento da vazão de pico resulta na ocorrência de eventos de inundações, enchentes e alagamentos, bem como em processos de erosão no solo que contribuem para o carregamento de sedimentos nas águas pluviais. Tais processos associados ao aumento das fontes de poluição difusa geram uma carga de poluição nestas águas, comprometendo sua qualidade.

Com a baixa infiltração há, também, a redução do nível do lençol freático por falta de alimentação, reduzindo-se o escoamento subterrâneo e a evapotranspiração (Tucci, 1997). As superfícies impermeáveis absorvem parte da energia solar, aumentando a temperatura, produzindo ilhas de calor nos centros urbanos. Esse aumento de temperatura cria condições de movimento de ar ascendente que podem resultar no aumento de precipitações (Tucci; Mendes, 2013).

### 3.1.1 - Inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos

As alterações no escoamento superficial, quanto ao seu volume e à sua velocidade de deslocamento, podem produzir eventos como inundações, enchentes, enxurradas e

alagamentos. Esses são considerados uns dos principais tipos de desastres naturais que afetam comunidades em todo o mundo (Brasil; IPT, 2007). Por esse motivo é necessário compreender suas particularidades para que se possa adotar medidas adequadas para a prevenção e a mitigação de suas consequências.

As inundações ocorrem quando as águas dos corpos hídricos saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte destes sistemas e ocupa áreas nas quais a população está alocada (Tucci, 2003). Tais eventos podem ser naturais, inundações ribeirinhas, ou podem ocorrer por causa do efeito da impermeabilização do solo, canalização ou obstruções do escoamento, inundações em razão da urbanização. Nesse último caso, à medida que a população impermeabiliza o solo e acelera o escoamento, através de condutos e canais, a quantidade de água que chega ao sistema de drenagem aumenta produzindo inundações mais frequentes e de maior magnitude (Tucci, 2008).

Destaca-se que as inundações envolvem causas e condicionantes de origem natural e de origem antrópica. No que se refere às de origem natural, pode-se citar as formas de relevo, as características da rede de drenagem da bacia hidrográfica, a intensidade, a quantidade, a duração e a frequência das chuvas, as características do solo e o teor de umidade e a presença ou ausência de cobertura vegetal (Ferraz, 2021). As causas e condicionantes de origem antrópicas estão relacionadas ao uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água, à disposição inadequada de resíduos nas proximidades de corpos hídricos, às alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água, ao intenso processo de erosão do solo e de assoreamento dos corpos hídricos, entre outros aspectos (Ferraz, 2021).

As enchentes consistem na elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga, mas, ao contrário das inundações, não ocorre transbordamento. As enxurradas podem ser definidas como o volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas (Miguez *et al.*, 2018), caracterizando-se pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial, com grande poder destrutivo (Brasil, 2012).

Por fim, os alagamentos são definidos como o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área decorrente da deficiência do sistema de drenagem (Brasil; IPT, 2007). Em outras palavras, os alagamentos consistem no acúmulo de água no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem

deficientes (Miguez *et al.*, 2018). A Figura 3.2 ilustra estes diferentes fenômenos no meio urbano.

É importante destacar que os alagamentos podem ou não ter relação com eventos de inundações, ou seja, com o transbordamento do corpo hídrico, podendo ocorrer inclusive em regiões nas quais não existem cursos d'água em zonas urbanas cujos sistemas de drenagem não são capazes de suportar o evento de cheia.



Figura 3.2 - Ocorrência de inundações, enchentes e alagamentos no meio urbano.  
(Fonte: CPRM, 2017)

Os danos causados por tais eventos abrangem inúmeros efeitos nocivos sobre os seres humanos, sua saúde e seus pertences, sobre a infraestrutura pública, o patrimônio cultural, os sistemas ecológicos, a produção industrial, entre outros. Alguns desses danos podem ser especificados em termos monetários, conhecidos como danos tangíveis, e outros, os intangíveis, são mensurados em medidas não monetárias como, por exemplo, o número de vidas perdidas ou metros quadrados de ecossistemas afetados (Messner; Meyer, 2005). Os efeitos causados por esses eventos podem ser classificados como diretos ou indiretos. Os efeitos diretos se referem aos danos relacionados ao contato físico da água da inundação com os seres humanos e outros elementos em risco. Já os indiretos incluem danos que ocorrem como consequência adicional da enchente e das interrupções das atividades econômicas e sociais. Este dano pode afetar áreas maiores do que as efetivamente inundadas (Messner; Meyer, 2005).

### 3.1.2 - Eventos hidrológicos impactantes no Brasil

Desde o ano 2000, o Brasil sofreu eventos de cheias que causaram 3.312 mortes e afetaram mais de 9,3 milhões de habitantes. As perdas econômicas destes eventos totalizaram cerca de US\$ 9,3 bilhões (EM-DAT, 2023). Dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) registram, entre os anos de 2000 a 2021, 1.508 ocorrências de alagamentos

que resultaram em 121 óbitos, 407 mil desabrigados e desalojados e 3,4 milhões de habitantes afetados no total (Brasil, 2022a). De acordo com os dados coletados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, módulo Águas Pluviais (SNIS-AP), o país registrou cerca de 30 mil eventos hidrológicos impactantes (inundações, enxurradas e alagamentos) entre os anos de 2017 a 2021, que resultaram em 2.703 óbitos (Brasil, 2022b), dos quais 17 são decorrentes de alagamentos que afetaram cerca de 1,2 milhão de habitantes (Brasil, 2022a).



(a) São Paulo



(b) Rio de Janeiro



(c) Santa Catarina



(d) Pernambuco



(c) Distrito Federal



(d) Distrito Federal

Figura 3.3 - Registros de inundações, enchentes e alagamentos no Brasil.  
(Fontes: G1.com; Agência Brasil. Acesso em julho de 2023)

Entre os anos de 2012 a 2014 foi implementado o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais, que consistiu em uma das ações do Programa Temático 2040 (Gestão de Riscos e Resposta a Desastres) do Plano Plurianual (PPA), cuja base foi

estruturada em três eixos principais, a saber: prevenção, monitoramento e alerta; mapeamento das áreas de risco; e resposta e reconstrução (Brasil, 2014). O relatório de avaliação anual do PPA 2012 - 2015, identificou 821 municípios como as áreas mais críticas para desastres de inundações, enxurradas, deslizamentos e secas (Brasil, 2014). Considerando um universo de 3.792 municípios com registros de eventos hidrológicos extremos entre os anos de 1991 a 2010, identificou-se que 88% da população desabrigada e desalojada e 94% dos óbitos registrados neste período, em decorrência de tais eventos, ocorreram nos municípios críticos (Brasil, 2015).

Uma importante ação orçamentária do PPA, visa o apoio a sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais em municípios críticos, sendo considerados aqueles que são mapeados e setorizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) como áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes, originados de processos decorrentes de eventos hidrológicos extremos como inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos (Brasil, 2020).

Segundo Sampaio *et al.* (2013), a setorização de riscos tem como objetivo identificar áreas de alto e muito risco a deslizamentos e enchentes, para que se possa emitir alertas prevenindo as comunidades da forte possibilidade da ocorrência de desastres. Áreas de alto risco são aquelas que, mantidas as condições existentes, é possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa. Já as áreas de muito alto risco são aquelas que, mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa (Brasil, 2020).

Especificamente em relação aos eventos hidrológicos, a ação 10SG, do programa 2218 – Gestão de Riscos e Desastres – define o “apoio a sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais em municípios críticos sujeitos a eventos recorrentes de inundações, enxurradas e alagamentos”, sendo elegíveis para o atendimento dessa ação os municípios que possuem mapeamento de setorização de risco realizados ou reconhecidos pela CPRM e que tenham processo hidrológico crítico (inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos) como dominante (Brasil, 2020).

Em 2021, a CPRM classificou 1.279 municípios brasileiros como críticos. De acordo com dados do SNIS-AP, em tais municípios, registrou-se cerca de 57% das ocorrências de enxurradas, alagamentos e inundações do total no país, incluindo mais de 60% das



ocorrências de alagamentos. Como resultado destes eventos, observou-se que cerca de 75% da população desabrigada e desalojada estava alocada em municípios críticos e que, dos 23 municípios brasileiros com mais de 50% de seus domicílios em situação de risco de inundação, 16 são municípios críticos (Brasil, 2022b). Sendo assim, considerar as particularidades dos municípios críticos no planejamento e gestão dos serviços de DMAPU é necessário, de modo a garantir a implementação de medidas de prevenção e mitigação de eventos hidrológicos impactantes que possam levar à ocorrência de alagamentos.

### **3.2 - PERIGOS NATURAIS, DESASTRES E RISCO**

As inundações, as enchentes e os alagamentos podem ser entendidas como perigos naturais, ou seja, processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera que podem constituir um evento prejudicial, podendo ser classificados de acordo com suas origens geológicas, hidrometeorológicas ou biológicas (UN/ISDR, 2004). No caso dos eventos mencionados, a classificação é de perigos hidrometeorológicos, resultantes de processos ou fenômenos naturais de natureza hidrológica (UN/ISDR, 2004).

Quando há uma grave interrupção no funcionamento de uma comunidade ou sociedade, causando perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais generalizadas, que excedem a capacidade da parte afetada de lidar com seus próprios recursos, tem-se a ocorrência de um desastre. Este será função do processo de risco, resultando da combinação de perigos, condições de vulnerabilidade e capacidade ou medidas insuficientes para reduzir as possíveis consequências negativas do risco (UN/ISDR, 2004). O relatório do IPCC (2012) define desastres como severas alterações no funcionamento de uma comunidade ou sociedade devido a eventos físicos perigosos que interagem com condições sociais vulneráveis, levando a efeitos humanos, materiais, econômicos ou ambientais adversos generalizados que requerem resposta imediata de emergência para satisfazer necessidades humanas críticas e que podem exigir suporte externo para recuperação.

O risco de desastres é algo que faz parte da vida cotidiana e se trata da probabilidade de consequências nocivas ou perdas esperadas como, por exemplo, mortes, ferimentos, perdas de propriedades e do meio de subsistência, a interrupção das atividades econômicas ou o dano ao meio ambiente, resultantes de interações entre perigos naturais ou induzidos pelo homem em condições vulneráveis (UN/ISDR, 2004). Sua formulação depende de um evento

potencialmente danoso, perigo, e do grau de suscetibilidade dos elementos expostos a esta fonte, vulnerabilidade.

O desastre dependerá, então, das características, probabilidades e intensidade do perigo, bem como da suscetibilidade dos elementos expostos com base nas condições físicas, sociais, econômicas e ambientais. Segundo Schneiderbauer e Ehrlich (2004), o risco de desastres é definido em função do perigo (*hazard*) e da vulnerabilidade, mas considera-se, também, a exposição física como componente (Equação 3.1). Esta definição se baseia na noção do triângulo do risco de Crichton, na qual os três elementos estão interligados e influenciam o risco (Rasch, 2015), conforme apresentado na Figura 3.4.

$$Risco = f(Perigo, Vulnerabilidade, Exposição) \quad (\text{Equação 3.1})$$

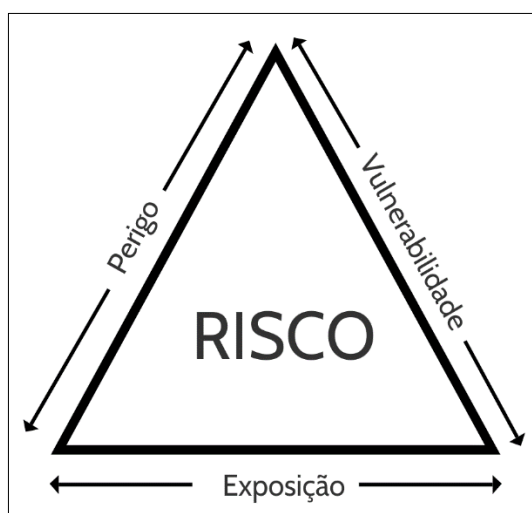


Figura 3.4 - O triângulo do risco.  
(Fonte: Adaptado de Rasch, 2015)

A exposição é considerada na formulação do risco quando se pretende analisar os aspectos da vulnerabilidade física, e refere-se à população ou propriedade em risco, ou seja, os elementos que são realmente suscetíveis ao dano (Rasch, 2015). Em outras palavras, a exposição é a presença de pessoas, meios de subsistência, serviços e recursos ambientais, infraestruturas ou ativos econômicos, sociais ou culturais, em locais que podem ser afetados adversamente por eventos físicos e que, portanto, estão sujeitos a potenciais danos futuros e perdas (IPCC, 2012).

É importante entender que além de expressar a possibilidade de um dano físico, os riscos são inerentes ou podem existir, ou serem criados, dentro de um sistema social. Neste caso, é

necessário considerar os aspectos sociais nos quais os riscos ocorrem, uma vez que as pessoas podem ter diferentes percepções em relação a eles (UN/ISDR, 2004). Neste cenário, a conscientização do risco é necessária para que se possa agir na sua redução, devendo-se considerar, também, seu gerenciamento. Identificar e medir riscos e vulnerabilidades, antes e após a ocorrência de um desastre, é uma atividade essencial para a redução efetiva e de longo prazo dos riscos de desastres (Birkmann, 2007).

A quantidade do dano de um evento dependerá da vulnerabilidade dos sistemas socioeconômicos e ecológicos afetados, ou seja, do seu potencial de serem prejudicados por um evento perigoso (Cutter, 1996). Um elemento em risco de ser prejudicado é mais vulnerável, mais exposto a um perigo e mais suscetível a suas forças e impactos (Messner; Meyer, 2005).

A vulnerabilidade, amplamente definida como o potencial de perda, é um conceito essencial para o desenvolvimento de estratégias de mitigação de riscos nos níveis local, nacional e internacional (Cutter, 1996). Por se tratar de um conceito complexo, devido às diferentes abordagens encontradas na literatura que a definem e a medem, torna-se necessário um estudo mais aprofundado do conceito de vulnerabilidade, conforme será apresentado a seguir.

### **3.3 - BREVE ESTUDO SOBRE VULNERABILIDADE**

#### **3.3.1 - Conceitos sobre a vulnerabilidade**

O conceito de vulnerabilidade surgiu como um ponto chave na pesquisa de riscos e desastres, buscando enfatizar a importância fundamental de se considerar as condições prévias e o contexto das sociedades e comunidades, bem como os elementos de risco, para promover a sua redução e a adaptação às mudanças climáticas (Birkmann, 2013).

Na literatura são encontradas diferentes formas de se compreender a vulnerabilidade e sua definição passou por diversas formulações ao longo do tempo. No passado, entre os anos 1970 e 1980, a vulnerabilidade era associada à fragilidade física, no entanto, os conceitos atuais vão além da probabilidade de tais estruturas entrarem em colapso (Birkmann, 2007).

A Estratégia Internacional para a Redução de Desastres das Nações Unidas (UN/ISDR, 2004) define a vulnerabilidade como as condições determinadas por fatores ou processos

físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto dos desastres, sendo essa definição uma das mais conhecidas. Nessa abordagem, a vulnerabilidade refere-se às condições de uma sociedade ou elemento em risco que também podem ser determinantes para o impacto potencial do desastre em termos de perdas e interrupções (Birkmann, 2007).

Para os autores Wisner *et al.* (2003), a vulnerabilidade pode ser entendida como as características de uma pessoa, ou grupo, e sua situação que influenciam sua capacidade de antecipar, lidar, resistir e se recuperar do impacto de um risco natural. Envolve uma combinação de fatores que determinam o grau em que a vida, o sustento, a propriedade e outros ativos de alguém são colocados em risco por um evento discreto e identificável ou uma série de eventos na natureza e na sociedade. Esta também é a definição utilizada no relatório do IPCC (2012).

O conceito de vulnerabilidade tem sido continuamente ampliado para uma abordagem mais abrangente que inclua a suscetibilidade, a exposição, a capacidade de enfrentamento e a capacidade de adaptação, bem como diferentes áreas temáticas como física, econômica, social e ambiental (Birkmann, 2007).

A suscetibilidade é definida como as características socioeconômicas e físicas de um sistema que diferenciam a magnitude dos impactos para uma determinada exposição (Costa; Kropp, 2013), ou seja, é um termo que aponta para as deficiências que determinam a probabilidade de se sofrer danos e perdas graves devido a eventos adversos (Birkmann, 2013).

Comparada à exposição, que consiste na presença de uma unidade ou sistema em locais que podem ser afetados adversamente (Birkmann, 2013; IPCC, 2012), a suscetibilidade caracteriza a predisposição e a probabilidade de se sofrer danos quando um evento atinge uma comunidade ou um sistema, podendo ser revelada nas dimensões física, social, ambiental, cultural e institucional. Geralmente, descreve déficits e condições problemáticas que podem se manifestar pela falta de defesa das pessoas devido, por exemplo, à pobreza ou à falta de conscientização sobre o risco (Birkmann, 2013).

A UN/ISDR (2004) define a capacidade de enfrentamento como os meios pelos quais as pessoas ou organizações usam os recursos e habilidades disponíveis para enfrentar consequências adversas que podem levar a um desastre, sendo que este gerenciamento dos recursos pode ocorrer tanto em condições normais quanto em tempos de crises e condições adversas. Já a capacidade adaptativa refere-se à capacidade de um sistema se ajustar aos

riscos reais ou esperados, isto é, inclui a capacidade das comunidades e sociedades de se adaptarem aos perigos futuros esperados e às mudanças climáticas (Birkmann, 2013).

### **3.3.2 - Dimensões da vulnerabilidade**

As principais dimensões da vulnerabilidade abrangem os aspectos social, ambiental, econômico e institucional. A vulnerabilidade não é determinada apenas pelo tipo de desastre, mas é impulsionada por meios de vida precários, pelo grau de autoproteção ou proteção social, pelas qualificações e configurações institucionais e pelas estruturas de governança que definem o contexto geral em que uma pessoa ou comunidade vivencia e responde às consequências adversas de diferentes fenômenos (Birkmann, 2013).

A vulnerabilidade social não se limita às fragilidades sociais, mas inclui também tópicos como desigualdades sociais em relação à renda ou gênero, bem como características das comunidades e do ambiente construído (Birkmann, 2013). Já a vulnerabilidade econômica pode se referir a padrões ocupacionais e de meios de subsistência específicos e ativos econômicos das famílias em risco ou pode abordar a suscetibilidade de um sistema econômico ou a incapacidade de uma família ou indivíduo de absorver e lidar com uma magnitude específica de dano e perda econômica (Birkmann, 2013).

A integração da dimensão ambiental na avaliação de riscos e vulnerabilidade se refere à identificação da suscetibilidade e fragilidade dos serviços ecossistêmicos dos quais as pessoas dependem (Birkmann, 2013). Sua avaliação pode examinar a dependência das comunidades e dos diferentes grupos sociais em relação a esses serviços e funções ambientais, bem como a suscetibilidade destes a riscos específicos (Birkmann, 2013).

A dimensão institucional da vulnerabilidade geralmente se refere a modos e restrições de governança, regras implícitas e sistemas de normas que governam a sociedade, e à capacidade ou incapacidade de organizações de lidar com riscos e desafios de adaptação, podendo abordar, também, a importância da economia política, referindo-se a processos de produção ou regulação econômica. Ela pode estar ligada, também, à falta de fornecimento de segurança humana básica (Birkmann, 2013).

### **3.3.3 - Estruturas para medir a vulnerabilidade**

Embora existam diferentes conceitos acerca da vulnerabilidade, há um consenso de que as estratégias para a redução de riscos e adaptação às mudanças climáticas não podem se basear apenas na caracterização das mudanças físicas ou ambientais. É necessário considerar as diversas dimensões da vulnerabilidade para que se possa compreender melhor os processos de desestabilização e as capacidades de resposta da sociedade em meio a riscos naturais, mudanças climáticas e mudanças socioeconômicas (Birkmann, 2013).

Assim como diferentes conceitos, são encontradas também na literatura diferentes estruturas para medir a vulnerabilidade. A recomendação de especialistas a pesquisadores da área é que se incorpore e altere as estruturas existentes para agregar valor ao crescente, diversificado e extenso cenário (Rasch, 2015).

Considerando o contexto no qual os danos de inundações se concentram, principalmente, na avaliação econômica dos efeitos tangíveis desses eventos, Messner e Meyer (2005) realizam uma discussão acerca da importância de se considerar os aspectos econômicos, sociais e ambientais da vulnerabilidade relacionados às inundações. Essa análise requer informações sobre tais aspectos e isso pode ser especificado em termos de indicadores de elemento em risco, indicadores de exposição e indicadores de suscetibilidade.

Os indicadores de elementos em risco especificam a quantidade de unidades ou sistemas sociais, econômicos ou ambientais que correm risco de serem afetados em relação a todos os tipos de riscos em uma área específica. Os indicadores de exposição são divididos em duas categorias. Na primeira, tipificam o tipo de exposição de diferentes elementos em risco, enquanto, os da segunda categoria se concentram em características gerais do evento de inundação. Estes indicadores apresentam informações específicas sobre ameaças perigosas aos vários elementos em risco. Por fim, os indicadores de suscetibilidade estão relacionados às características do sistema e incluem o contexto social da formação de danos causados pelas enchentes, especialmente, a conscientização e a preparação das pessoas afetadas em relação ao risco o qual vivem (antes do evento), sua capacidade de lidar com o perigo (durante o evento) e de suportar e se recuperar de suas consequências (após o evento) (Messner; Meyer, 2005).

De acordo com os autores, o potencial de dano de uma área específica, representa a quantidade máxima possível de dano que pode ocorrer se a área for inundada. Neste tipo de análise, os aspectos de vulnerabilidade devem ser considerados para estimar a proporção do

potencial de dano que finalmente se materializará, ou seja, para determinar os danos esperados.

A pesquisa de Romero-Lankao *et al.* (2012) avalia a vulnerabilidade urbana a riscos relacionados às mudanças de temperatura considerando uma abordagem de meta-análise e meta-conhecimento. As autoras analisam diferentes estudos sobre o tema e constatam que a maioria dos artigos analisados tratam a vulnerabilidade urbana como uma abordagem de impacto e que cidades de países de média e baixa renda são pouco estudadas.

Neste caso, a vulnerabilidade urbana às mudanças ambientais descreve uma realidade complexa e dinâmica composta por várias dimensões. A vulnerabilidade urbana, ou o potencial das pessoas nas áreas urbanas de serem negativamente impactadas pelas mudanças climáticas, é uma função de perigo, exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (Romero-Lankao *et al.*, 2012). São identificadas duas estruturas adicionais da vulnerabilidade urbana: a vulnerabilidade urbana inerente, que a define em relação à capacidade adaptativa e a fatores estruturais que criam diferenças de vulnerabilidade entre e dentro das populações urbanas, e a resiliência urbana, que aponta para o fato de que as populações urbanas e os setores econômicos não são apenas afetados negativamente pelos perigos, mas também têm a capacidade de se recuperar e até mesmo tirar proveito de algumas tensões (Romero-Lankao *et al.*, 2012).

Scheuer *et al.* (2011) apresentam uma abordagem de modelagem multicritério da vulnerabilidade à inundação, integrando as dimensões econômica, social e ecológica do risco e a capacidade de enfrentamento. Neste estudo, os autores realizam um mapeamento de riscos existentes, no qual a vulnerabilidade é analisada sem considerar a capacidade de enfrentamento. Em seguida, realiza-se uma modelagem multicritério da capacidade de enfrentamento buscando uma visão final da vulnerabilidade, tornando possível diferenciar a capacidade de enfrentamento do risco de inundação em cada uma das dimensões da vulnerabilidade.

Com isso, constata-se que a vulnerabilidade à inundação depende do número e valor dos elementos em risco e sua suscetibilidade, bem como está relacionada à exposição desses elementos em risco ao perigo, expressa pela gravidade e probabilidade das inundações. Um sistema ou uma área será o mais vulnerável às inundações, quanto mais elementos em risco ele contém e quanto mais valiosos, mais suscetíveis e mais expostos esses elementos em risco são e/ou estão (Scheuer *et al.*, 2011).

Schneiderbauer e Ehrlich (2004) afirmam em seu trabalho que é adequado alocar parâmetros de vulnerabilidade e indicadores correspondentes para níveis sociais. Os autores tentam identificar as características e parâmetros mais significativos para cada nível social, considerando as esferas individual ou familiar (exemplo: idade, educação, acesso à informação), a comunidade administrativa (exemplo: infraestrutura, acessibilidade, preparação para desastres), o país (exemplo: ambiente regulatório, sistema econômico), a região (exemplo: clima, estabilidade política regional) e a comunidade cultural (exemplo: percepção de risco e abordagem para emergências, estratégias de enfrentamento). Para isso, leva-se em conta tanto a fração da vulnerabilidade dependente do risco quanto a fração independente do risco. Em seguida são associados indicadores potencialmente disponíveis e mensuráveis a estes parâmetros.

Os autores constataam ainda que a vulnerabilidade a eventos mais locais, como terremotos, vulcões e ciclones, é predominantemente determinada por parâmetros de escala individual e familiar. No caso de riscos que impactam áreas maiores, como inundações, secas e epidemias, os parâmetros em nível nacional e regional são mais importantes. Além disso, percebem que as avaliações de riscos naturais em nível subnacional exigem conjuntos de dados desagregados espacialmente.

### **3.3.4 - Índices de vulnerabilidade**

Com o objetivo de aprimorar o conhecimento acerca da vulnerabilidade, diversas metodologias e ferramentas têm sido desenvolvidas com objetivo de avaliar a vulnerabilidade e, assim, criar um vínculo entre seus conceitos teóricos e o processo diário de tomada de decisão (Balica *et al.*, 2012). Dentre tais ferramentas, destacam-se os índices de vulnerabilidade, que buscam fornecer uma compreensão mais ampla da vulnerabilidade. Os índices, no geral, são instrumentos de apoio à gestão que buscam expressar, em um só valor, informações relacionadas com indicadores de naturezas distintas (Miguez *et al.*, 2018).

Balica *et al.* (2009), por exemplo, constroem um Índice de Vulnerabilidade a Inundações (FVI) que visa avaliar as condições que influenciam os danos por inundações em diversas escalas espaciais em sub-bacias hidrográficas localizadas na Europa e na Ásia, bem como são realizados estudos em escalas inferiores em diversas cidades dessas regiões. Os autores trabalham considerando três escalas espaciais (bacias hidrográficas, sub-bacias hidrográficas



e áreas urbanas) e diferentes componentes físicos, sociais, econômicos e ambientais, os quais são relacionados com os fatores de vulnerabilidade, a saber: exposição, suscetibilidade e resiliência.

A metodologia aplicada utiliza uma série de indicadores que são vinculados aos componentes e aos fatores de vulnerabilidade às inundações. Os resultados mostram que é possível identificar áreas com maior vulnerabilidade, bem como é identificável o componente mais vulnerável em determinada área, considerando as dimensões física, social, econômica e ambiental (Balica *et al.*, 2009). De acordo com os autores, o FVI é uma ferramenta que permite a identificação de áreas com alta vulnerabilidade às inundações que pode orientar o processo de tomada de decisão para melhores meios de lidar com tais eventos.

Perez (2013) apresenta um índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos e deslizamentos de terra na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) em função de eventos extremos de precipitação, como instrumento de gestão urbana a estes desastres. A autora faz a correlação entre o percentual de ocorrências e eventos de alta precipitação para representar o índice de vulnerabilidade urbana a eventos extremos de clima e com isso cria mapas de vulnerabilidade frente a esses eventos.

Por meio do índice de vulnerabilidade, Perez (2013) constata que chuvas de curto período de retorno tem alta correlação com a ocorrência de alagamentos em São Paulo. Por meio de mapas de vulnerabilidade, identificou-se que as bacias mais vulneráveis a alagamentos compõem o perímetro do rodízio de carros na região, localizadas nas principais vias de tráfego da cidade. Os resultados mostraram, também, que grande parte das ocorrências de alagamentos ocorreram em distâncias de até 500 metros dos corpos d'água. A autora afirma que isso se dá, devido ao fato de que as várzeas dos rios, que deveriam ser preservadas, foram convertidas nas principais vias de transporte da cidade.

Os resultados mostraram ainda que os índices e mapas de vulnerabilidade fornecem um instrumento baseado em geotecnologias para medir a vulnerabilidade da RMSP à ocorrência de alagamentos e deslizamentos de terra e, por se tratar de desastres comuns, é necessário se pensar em políticas públicas para mitigar os aspectos críticos da urbanização da região, como a manutenção correta e sistemática dos sistemas de drenagem urbana, a aplicação de técnicas de drenagem sustentável, a fiscalização das áreas de necessária preservação, entre outras medidas. O índice construído permitiu a classificação das bacias por faixas de

vulnerabilidade que foram aplicadas na elaboração dos mapas, tornando possível comprovar que ambos os desastres estão relacionados a eventos de precipitação, e que os mesmos ocorrem em áreas urbanas por questões claras de conflitos de uso do solo.

No sentido de avaliar a vulnerabilidade em uma escala de municípios brasileiros, Rasch (2015) apresenta um índice de vulnerabilidade ao risco de inundação que incorpora dados socioeconômicos, ambientais e de ambientes construídos, que foi utilizado para medir a vulnerabilidade de 1.276 municípios considerados urbanos no Brasil. O índice de vulnerabilidade é construído com base na estrutura proposta por Schneiderbauer e Erlich, na qual são utilizados indicadores mensuráveis das diferentes dimensões da vulnerabilidade.

O índice é construído por meio de uma análise fatorial, na qual cada indicador é normalizado seguindo o método IDH da ONU. São considerados como os principais fatores de vulnerabilidade às inundações: o status socioeconômico, a infraestrutura e a má governança.

São mapeadas as pontuações de vulnerabilidade e destacados os municípios com alta vulnerabilidade, alto risco de inundação e alta exposição às inundações, determinando, assim, o tamanho da população em risco. A autora identifica que 83 municípios da amostra estão em risco de inundação, sendo que tais municípios representam 22% da população brasileira. Constatou-se que a vulnerabilidade relacionada à má governança é generalizada em todas as macrorregiões do país, sendo a macrorregião Norte aquela que apresenta vulnerabilidade resultante de níveis mais baixos de status socioeconômico. O trabalho realizado destaca os riscos de se avaliar a vulnerabilidade usando medidas agregadas de status socioeconômico em países de renda média com altos níveis de desigualdade, onde a presença de populações vulneráveis em assentamentos informais em municípios altamente desenvolvidos pode ser ofuscada.

Uma das preocupações na construção de índices de vulnerabilidade é em relação à agregação das medidas que capturam os aspectos da vulnerabilidade, uma vez que tal agregação reduz a riqueza de informações que compõem os índices construídos (Abson *et al.*, 2012). Uma ferramenta que vem sendo utilizada para a elaboração de índices de vulnerabilidade é a metodologia da Análise de Componentes Principais (ACP) ou *Principal Component Analysis* (PCA) (Dunning; Durden, 2013; Fernandez *et al.*, 2016; Schmidtlein *et al.*, 2008, 2011), que visa reduzir um conjunto de dados que contém um grande número de variáveis para um conjunto de dados com menos variáveis, sendo essas, novas variáveis que consistem em combinações lineares das originais (Wilks, 2011). Tais combinações são escolhidas para

representar a fração máxima possível da variabilidade contida nos dados originais (Wilks, 2011).

No geral, considerando um conjunto de dados com  $N$  dimensões, a ACP busca encontrar um subespaço linear de dimensão  $D$ , sendo  $D$  menor que  $N$ , de modo que a maior parte dos dados estejam contida em tal subespaço e a maior parte da variabilidade dos dados seja explicada em  $D$  dimensões (Lima *et al.*, 2007).

As componentes principais (CP's) consistem em um novo sistema de coordenadas formado por  $D$  vetores ortogonais, no qual todas as CP's não estão correlacionadas entre si (Wilks, 2011). Elas são ortogonais e transformações lineares dos dados originais, sendo seu número total limitado a  $N$  (Lima *et al.*, 2007). Obtém-se as CP's após a decomposição da matriz de covariância (ou correlação) dos dados em autovalores e autovetores. Tal procedimento visa capturar a maior parte da variabilidade dos dados nas primeiras componentes principais.

A ACP pode ser aplicada na construção de índices agregados ricos em informações, conforme mostra Abson *et al.* (2012) em seu estudo de mapeamento de vulnerabilidade socioecológica rica em informações em uma região da África. De acordo com os autores, o uso da metodologia da ACP, com base em um conjunto de dados espaciais de alta resolução, ajuda a destacar o arranjo espacial de diferentes aspectos da vulnerabilidade.

Abson *et al.* (2012) também observam que é necessário considerar cuidadosamente a escala ao usar a ACP para gerar índices de vulnerabilidade agregados. Análises em múltiplas escalas de ACP representam uma ferramenta política útil para identificar áreas de preocupação em termos de causas e impactos subjacentes da vulnerabilidade socioecológica em amplas escalas espaciais (Abson *et al.*, 2012).

Ainda, a exemplo da aplicação da metodologia da ACP, Fernandez *et al.* (2016) elaboraram um Índice de Vulnerabilidade a Inundações, para um município de Portugal, usando a ACP para simplificar o número de variáveis, considerando fatores não correlacionados que representam as quatro dimensões da vulnerabilidade, a saber: social, física, econômica e ambiental, seguido do agrupamento das áreas com as mesmas características de vulnerabilidade em diferentes classes, utilizando a Análise de Cluster.

Nesse caso, o índice de vulnerabilidade foi construído em função das componentes principais e sua subsequente agregação, que consiste em um procedimento utilizado para combinar indicadores transformados, normalizados e ponderados, em uma medida mais simples,

reduzindo a quantidade e a complexidade das informações que devem ser utilizadas durante o processo de classificação de vulnerabilidade das áreas de estudo (Fernandez *et al.*, 2016).

Os autores testam diferentes métodos de agregação das componentes principais e observam que o índice construído é sensível a tais métodos. A aplicação da Análise de Cluster se mostra confiável, uma vez que áreas inundadas com maiores danos registrados, considerando informações fornecidas pelo registro de ocorrências de inundações, são identificadas com alta e muito alta vulnerabilidade.

### **3.4 - GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS**

Desde os primórdios da história da humanidade a água esteve presente como elemento essencial para a manutenção da vida. Ainda na Idade Média há registros de preocupação com as questões sanitárias, sendo observadas as primeiras obras de descarte das águas pluviais e das águas servidas. As populações buscavam se alocar próximo aos cursos d'água o que resultava na convivência com eventos de inundações e com a proliferação de doenças, uma vez que as condições sanitárias dos efluentes da população contaminavam as fontes de abastecimento de água (Baptista *et al.*, 2005; Tucci, 2008). A fim de controlar os problemas de inundações são adotadas as chamadas medidas de controle, que podem ser do tipo estruturais e não estruturais. Tal controle se dá por meio da aplicação associada ou isolada de tais medidas (Tucci, 1997).

As medidas estruturais consistem em obras de engenharia que modificam o sistema fluvial de modo a evitar os prejuízos causados pelas enchentes, podendo ser extensivas ou intensivas. As extensivas são aquelas que agem na bacia procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, já as intensivas agem no corpo hídrico e podem ter três objetivos, a saber: i) acelerar o escoamento; ii) retardar o escoamento; e iii) desviar o escoamento (Tucci; Bertoni, 2003). Podem ser citadas, ainda, medidas de melhorias e mudanças no canal e a aplicação de reservatórios, de modo a se alcançar os objetivos para o controle das enchentes.

As medidas não estruturais utilizam meios naturais para reduzir a geração do escoamento e a carga poluidora, não contemplando obras civis, mas se pautando em ações de cunho social e regulatório que modificam padrões de comportamento da população, utilizando instrumentos econômicos, buscando um desenho urbano adequado, entre outros (Righetto,

2009). Tratam-se de medidas preventivas como, por exemplo, previsão e alerta de inundação, zoneamento das áreas de risco de inundação, seguro e proteção individual contra inundação (*flood proofing*) e o gerenciamento de desastres (Tucci, 2005).

O sistema de previsão e alerta tem a finalidade de antecipar a ocorrência da inundação, avisando a população e tomando as medidas necessárias para reduzir os prejuízos resultantes do evento. O zoneamento das áreas inundadas consiste na determinação do risco das enchentes, no mapeamento das áreas sujeitas às inundações e no zoneamento, propriamente dito, que se trata de um conjunto de regras para a ocupação das áreas de risco visando a redução das perdas materiais e humanas (Tucci, 2005).

Os seguros contra inundações são uma compensação financeira pelas perdas causadas quando os danos previstos são superiores aos valores aceitáveis (Mendonça, 2009). O *flood proofing* se refere à utilização de técnicas permanentes que visam prevenir a entrada da água pluvial nas edificações e na infraestrutura, bem como minimizar os danos decorrentes do escoamento (Mendonça, 2009).

O gerenciamento de desastres, no qual estão incluídas as inundações urbanas, está diretamente ligado à vulnerabilidade da população e ao fator aleatório do risco de inundação (Milograna, 2009). É uma ação que deve ser compartilhada com todos os setores que estão envolvidos com o desenvolvimento e com as mudanças na política urbana, sendo possível reduzir a vulnerabilidade pela integração de medidas de sobrevivência, reabilitação e reconstrução dentro do planejamento do desenvolvimento urbano, seguido das medidas anteriormente citadas (Milograna, 2009).

Assim, pode-se observar que a gestão das águas urbanas realizada de forma eficiente é capaz de reduzir a vulnerabilidade da população a eventos hidrológicos extremos e quando isso não acontece, tal população pode sofrer significativas consequências adversas. Neste sentido, Mavhura (2019) analisa diferentes fatores de vulnerabilidade às inundações e constata que, na cidade de estudo, localizada na África, a vulnerabilidade a inundações não é apenas uma função das mudanças no padrão de chuva aos quais as comunidades respondem, mas sim o resultado de múltiplas variáveis físicas interdependentes, socioeconômicas e demográficas precárias que envolvem relações lineares e não lineares, ou seja, é o resultado de interações complexas entre a população e os riscos hidrometeorológicos.

A exposição da comunidade também continua sendo uma pré-condição crítica para determinar a vulnerabilidade às enchentes, bem como são de extrema importância as

condições que reduzem a capacidade das comunidades de enfrentar e se adaptar às enchentes (Mavhura, 2019). Para o autor, análises de vulnerabilidade podem contribuir para a construção de resiliência por meio da identificação de fatores de exposição e variáveis de sensibilidade que precisam ser reduzidas para melhorar as capacidades das comunidades. A prevenção e mitigação de desastres precisam enfrentar o perigo, bem como os fatores econômicos, políticos e demográficos que influenciam a comunidade em geral e sustentam o impacto dos eventos de cheia (Tapsell *et al.*, 2016).

Gran Castro e Robles (2019) realizaram um estudo de avaliação da vulnerabilidade em uma comunidade carente do México, com foco no risco de inundação a qual a comunidade está exposta. Os resultados mostraram que a cidade do estudo é vulnerável às inundações e o risco pode ser agravado por mudanças climáticas, principalmente quando se considera o contexto da comunidade, em que os serviços municipais básicos são escassos, a ação governamental é inadequada e os habitantes apresentam alta aceitação do risco.

Rudiarto e Pamungkas (2020) analisaram a exposição espacial e o nível de vulnerabilidade dos meios de subsistência de uma cidade costeira da Indonésia e identificaram que cerca de 35% da área de assentamento está vulnerável à enchentes. Constatou-se que a comunidade é altamente vulnerável com um baixo nível de capacidade adaptativa, o que exige intervenções políticas que possam aumentar a capacidade de adaptação da comunidade e reduzir seu nível de exposição.

De modo geral, de acordo com a literatura, considerar os aspectos da vulnerabilidade urbana aos eventos hidrológicos extremos nos processos de gestão e manejo das águas pluviais urbanas é uma importante ação que pode contribuir para a definição de medidas que preparem a população para lidar com tais eventos e suas consequências adversas, aumentando suas capacidades de enfrentamento e de adaptação. Os estudos de vulnerabilidade podem, também, destacar onde direcionar os esforços em campanhas de conscientização pública, desenvolvimento de planos de emergência contra inundações e na resposta a emergências (Sene, 2008).

### **3.4.1 - Sistemas Clássicos e Alternativos de Drenagem Urbana**

A questão drástica da saúde no século XIX, principalmente na Europa, que sofreu com surtos de epidemias de graves doenças, levou a se pensar de forma inovadora o tratamento da drenagem urbana, considerando, então, os princípios do “higienismo”, que propunham para

a drenagem das águas pluviais e das águas servidas sua rápida evacuação das áreas urbanas buscando manter a fácil circulação viária e o desenvolvimento urbano. Esta abordagem foi chamada de Sistema Clássico de Drenagem e é constituída de dispositivos de microdrenagem e de macrodrenagem. Os primeiros buscam realizar o transporte das águas superficiais nas ruas por meio de sarjetas, captar nas chamadas bocas de lobo quando a capacidade de vazão é superada e conduzir o transporte dessas águas até o desague ou até os dispositivos de macrodrenagem, constituídos de canais abertos ou de condutos enterrados de porte significativo, denominados galerias (Figura 3.5) (Baptista *et al.*, 2005).

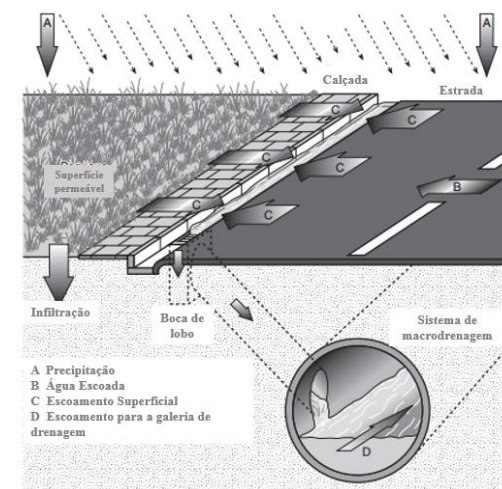


Figura 3.5 - Componentes do sistema clássico de drenagem.  
(Fonte: Butler; Davies, 2011)

As soluções clássicas buscam a rápida retirada das águas pluviais das áreas urbanas, transferindo os problemas de inundações para a jusante. Como resultado, surge a necessidade de se construírem novas obras de drenagem urbana que acabam sendo onerosas e geram custos adicionais para a comunidade. Essas soluções resultam, também, na sensação de falsa segurança por parte da população, que se sente livre para ocupar áreas ribeirinhas. Tais medidas não consideram os problemas da qualidade das águas, sendo estas lançadas aos corpos receptores sem nenhum tratamento (Baptista *et al.*, 2005).

Com a finalidade de atenuar os problemas supracitados surge, a partir de 1970, a abordagem conhecida como “Técnicas Alternativas” ou “Compensatórias” de drenagem urbana, inseridas no chamado Sistema de Drenagem Sustentável, que buscam neutralizar os impactos da urbanização sobre os processos hidrológicos, bem como propiciam benefícios para a qualidade de vida e a preservação ambiental (NUCASE, 2007; Baptista *et al.*, 2005). Essas novas técnicas consideram os impactos de uma forma global, tomando a bacia

hidrográfica como unidade de planejamento e estudo, de modo a compensar os efeitos do processo. Tal compensação se dá por meio do controle dos picos de cheias que resultam em inundações, evitando-se, também, sua transferência rápida para a jusante, sendo possível combinar diferentes tipos de técnicas compensatórias para a maximização dos resultados pretendidos (Baptista *et al.*, 2005).

O sistema de drenagem sustentável tem como principais objetivos a garantia de um ambiente natural saudável e livre de agentes poluidores, com a melhoria das condições de saúde, bem como da economia de recursos humanos e financeiros utilizados na manutenção do sistema (Righetto, 2009).

A fim de melhorar a capacidade e atuação dos sistemas de drenagem urbana se apresenta a abordagem norte americana de *Low Impact Development* (Desenvolvimento de Baixo Impacto) ou LID, também conhecida como *Sustainable Urban Drainage Systems* (Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana - SUDS) (Pereira; Ito, 2017) e como *Best Management Practice* (Boas Práticas de Manejo – BMP). Os SUDS são projetados para maximizar as oportunidades e benefícios que se pode obter da gestão das águas superficiais, buscando controlar a quantidade de escoamento e gerenciar sua qualidade, de modo a evitar a poluição das águas, bem como busca criar e sustentar ambientes com maior qualidade tanto para a população quanto para a natureza (Kellagher *et al.*, 2015).

Os LIDs consistem em técnicas compensatórias que buscam reorganizar as vazões no tempo, bem como reduzir o volume escoado e a probabilidade de inundações, possibilitando ganhos de qualidade das águas pluviais (Baptista *et al.*, 2005; Pereira; Ito, 2017). Tais técnicas se baseiam nos princípios da retenção e da infiltração e podem ser classificadas como não estruturais, por exemplo, legislação, racionalização do uso do solo urbano, educação ambiental e tratamento de fundo de vale, e estruturais, sendo essa dividida em três tipos, a saber: i) técnicas localizadas ou pontuais; ii) técnicas lineares; e, iii) técnicas em escala de bacia hidrográfica.

### **3.4.2 - Gestão das Águas Pluviais Urbanas no Brasil**

No Brasil, os serviços públicos, as infraestruturas e as instalações de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas consistem em um componente do saneamento básico, bem como os referentes ao abastecimento de água, ao esgotamento sanitário e à limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos.



A Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, conhecida como Lei do Saneamento, recentemente alterada pela Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, e regulamentada pelo Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e define os princípios fundamentais dos serviços públicos de saneamento básico como sendo:

- I. *Universalização do acesso e efetiva prestação do serviço;*
- II. *Integridade, compreendida como o conjunto de atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento que propicie à população o acesso a eles em conformidade com suas necessidades e maximiza a eficácia das ações e dos resultados;*
- III. *Abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente;*
- IV. *Disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;*
- V. *Adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;*
- VI. *Articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde, de recursos hídricos e outras de interesse social relevante, destinadas à melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;*
- VII. *Eficiência e sustentabilidade econômica;*
- VIII. *Estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à utilização de tecnologias apropriadas, consideradas a capacidade de pagamento dos usuários, a adoção de soluções graduais e progressivas e a melhoria na qualidade com ganhos de eficiência e redução dos custos para os usuários;*
- IX. *Transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;*
- X. *Controle social;*
- XI. *Segurança, qualidade, regularidade e continuidade;*

- XII. *Integração das infraestruturas e dos serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos;*
- XIII. *Redução e controle das perdas de água, inclusive na distribuição de água tratada, estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento à eficiência energética, ao reúso de efluentes sanitários e ao aproveitamento das águas da chuva;*
- XIV. *Prestação regionalizada dos serviços, com vistas à geração de ganhos de escala e à garantia da universalização e da viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços;*
- XV. *Seleção competitiva do prestador dos serviços;*
- XVI. *Prestação concomitante dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.*

A gestão das águas urbanas tem se tornado um grande desafio, principalmente quando se leva em conta a intensificação dos processos de urbanização que ocorrem de forma desordenada e sem planejamento, resultando em ocupações de áreas que não apresentam a infraestrutura básica para a manutenção da qualidade de vida da população.

Considerando o princípio V da Lei nº 11.445/2007, adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais, um planejamento urbano eficiente, capaz de solucionar os problemas da gestão das águas urbanas, é fundamental que se tenha conhecimento da real situação de cada localidade, principalmente no que diz respeito às suas particularidades e condições que podem contribuir para uma maior vulnerabilidade da comunidade a eventos hidrológicos impactantes. Neste sentido, a Secretaria de Nacional de Saneamento Ambiental, do Ministério das Cidades (SNSA/MCidades), no âmbito do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), coleta, desde 1995, informações anuais acerca de diferentes aspectos da prestação dos serviços de saneamento básico no Brasil.

A Lei do Saneamento institui, no artigo 53, o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) com os objetivos de coletar e sistematizar dados relativos às condições da prestação dos serviços públicos de saneamento básico, disponibilizar estatísticas, indicadores e outras informações relevantes para a caracterização da demanda e da oferta de tais serviços, bem como permitir e facilitar o monitoramento e avaliação da eficiência e da eficácia da prestação dos serviços de saneamento básico. O SINISA ainda

está em fase de implementação, mas sua previsão na legislação vigente institucionaliza o SNIS, reconhecendo sua importância como instrumento de implementação da Política Federal de Saneamento Básico.

### **3.4.3 - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS**

Como dito anteriormente, a realização de um planejamento urbano eficiente, capaz de solucionar os problemas da gestão das águas urbanas, requer o conhecimento da real situação de cada localidade, principalmente no que diz respeito às suas particularidades e condições que podem contribuir para uma maior vulnerabilidade da comunidade a eventos hidrológicos impactantes. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) foi concebido em 1994, no âmbito do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), pela Secretaria de Política Urbana, do então Ministério do Planejamento e Orçamento (SEPURB/MPO) (Borges *et al.*, 2022). A principal atividade do sistema era coletar e disponibilizar dados de prestadores de serviços de água e esgoto, constituindo o módulo Água e Esgoto (SNIS-AE), cujo primeiro diagnóstico foi lançado em 1995.

Em 2002, foi criado o módulo Resíduos Sólidos (SNIS-RS) com o objetivo de coletar e disponibilizar dados acerca da prestação dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. Por fim, em 2015, criou-se o módulo Águas Pluviais (SNIS-AP) para coletar e disponibilizar dados referentes aos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (DMAPU). Atualmente, o SNIS está vinculado à Secretaria de Nacional de Saneamento Ambiental, do Ministério das Cidades (SNSA/MCidades) e coleta informações anuais acerca de diferentes aspectos da prestação dos serviços de saneamento básico no Brasil.

De modo geral, o SNIS se propõe a fornecer informações para a sociedade brasileira, incluindo poderes público e privado, pesquisadores e prestadores de serviços de saneamento, acerca de diversas variáveis e indicadores que quantificam e qualificam os serviços de saneamento básico no país. O sistema busca auxiliar no planejamento e execução de políticas públicas, na orientação da aplicação de recursos públicos, na avaliação de desempenho dos serviços, no aperfeiçoamento da gestão, elevando os níveis de eficiência e eficácia, na orientação de atividades regulatórias e de fiscalização e no exercício do controle social (Borges *et al.*, 2022).

A coleta de dados do SNIS segue um ciclo anual, conforme apresentado na Figura 3.6, que se inicia com o preparo do sistema para o novo ciclo e finaliza com a publicação dos dados nos Diagnósticos dos Serviços de Água, Esgotos, Resíduos Sólidos e Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. As informações coletadas podem ser acessadas, também, no Painel de Informações sobre Saneamento, que consiste em uma plataforma que permite ao usuário visualizar as principais informações sobre saneamento de forma didática e interativa; nos Cadernos Temáticos: Do SNIS ao SINISA, que apresentam, de forma resumida, as principais informações divulgadas nos diagnósticos; e no SNIS Série Histórica, uma aplicação *web* que disponibiliza todos os dados coletados pelo SNIS ao longo dos anos para todos os componentes.



Figura 3.6 - Ciclo anual de coleta do SNIS.  
(Fonte: SNIS, 2023. Acesso em julho de 2023)

Ressalta-se que o início da coleta ocorre somente após o fechamento do balanço financeiro dos prestadores de serviços. Após coletar os dados é realizada uma etapa de análise, que é feita de forma automática e manual pela equipe técnica do SNIS. Em seguida, é gerada uma versão preliminar que retorna aos prestadores para que confirmem e corrijam suas informações, quando necessário, retornando o documento para a equipe dar prosseguimento à elaboração dos diagnósticos do SNIS.

Dentre os módulos do SNIS, destaca-se o módulo Águas Pluviais, criado em 2015, que coleta dados referentes à infraestrutura e manutenção dos sistemas de drenagem urbana, bem como ao planejamento do setor e à gestão dos riscos associados aos eventos hidrológicos impactantes, além de apresentar os aspectos econômicos destes serviços, sendo um importante instrumento de planejamento da gestão das águas urbanas.

As variáveis do SNIS-AP, denominadas informações e indicadores, foram formuladas considerando a reflexão acerca de diversos temas, como o controle do risco de inundação, os impactos destes eventos na saúde da população, seus impactos sociais, os danos diretos, entre outros. A partir de um trabalho intenso de pesquisa, consultoria e discussão com agentes do setor de DMAPU, o SNIS-AP realizou sua coleta piloto, em 2015, com o convite a 70 municípios para a participação do teste. Os formulários da coleta piloto questionaram acerca dos temas apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Relação das famílias de informações coletadas pelo SNIS-AP na coleta piloto.

<b>Família de informações</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Aspectos legais</b>	Abrange a legislação pertinente, inserida ou não na Lei de Uso e Ocupação do Solo, bem como a legislação municipal, buscando analisar se a mesma contém mecanismos de delimitação de áreas de risco de inundação e a limitação da ocupação de áreas de alto e muito alto risco baseada em fatores hidrológicos.
<b>Caracterização da entidade prestadora dos serviços</b>	Busca conhecer a natureza jurídica dessa entidade, se existe e em que nível ocorre a sua ligação com a esfera administrativa do município.
<b>Informações financeiras</b>	Refere-se aos aspectos financeiros quanto à fonte de recursos para os serviços de DMAPU, quanto à legislação que define normas de repasse desses recursos, bem como mecanismos de geração de receita; busca identificar se os recursos são aplicados tanto na micro quanto na macrodrenagem e como é feito o planejamento de divisão desses recursos.
<b>Planejamento de ações</b>	Busca caracterizar o sistema em relação ao planejamento das atividades de implantação e manutenção direcionadas ao sistema de drenagem das águas pluviais que possam ser iniciadas a partir do planejamento de outros sistemas de infraestrutura urbana.
<b>Dados do sistema instalado</b>	Busca-se conhecer detalhes construtivos dos sistemas de micro e macrodrenagem, assim como os pontos fracos dos mesmos causadores de problemas e as necessidades de ações corretivas.
<b>Medidas preventivas</b>	Informações sobre a existência ou o preparo de elementos para a Educação Ambiental da população de maneira geral e, em especial, da população ribeirinha. Também identifica a existência de sistemas de previsão e alerta de cheia para os cursos de água urbano em risco de inundação ou qualquer outro tipo de medida preventiva além daquelas previstas na Lei de Zoneamento e Uso do Solo.
<b>Planejamento emergencial</b>	Pretende-se verificar, em casos de emergência, como o município está preparado.
<b>Informações relativas à saúde pública</b>	Pretende-se obter informações sobre os impactos da insuficiência do sistema em relação à ocorrência de doenças ligadas a eventos chuvosos. Tais informações apresentam uma ligação direta com o aspecto financeiro da análise das inundações uma vez que é possível, a partir dos dados coletados, estimar o valor gasto com o tratamento das vítimas desses eventos

<b>Continuação da Tabela 3.2.</b>	
<b>Família de informações</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Informações sobre danos diretos</b>	Busca-se a inserção de todos os elementos possíveis que, de alguma forma, sofrem algum impacto por ocasião da ocorrência de eventos chuvosos. Relatórios de danos ocorridos nos sistemas de micro e de macrodrenagem auxiliam na verificação de pontos falhos do sistema e a necessidade de correção dos mesmos. Relatórios de danos nos demais setores da infraestrutura urbana, além de auxiliar no planejamento de uma maneira geral, identificando os pontos mais sensíveis de cada sistema, identificam os itens que devem receber maior atenção quando do planejamento conjunto do sistema de manejo de águas pluviais e os demais sistemas urbanos.

Com o fim da coleta piloto, da qual participaram 11 municípios, foi realizada uma análise dos questionários do SNIS-AP, com o objetivo de adequar as perguntas para a capacidade de resposta apresentada pelos municípios participantes. Com isso, os formulários foram ajustados e passaram a coletar dados descritivos e cadastrais, com a finalidade de identificar o município; dados gerais, que consistem em informações geográficas, demográficas e urbanísticas do município; dados sobre a cobrança pelos serviços de DMAPU e dados financeiros sobre gestão de pessoal, receitas, despesas e financiamentos; dados de infraestrutura; dados operacionais; e dados sobre a gestão de risco, sendo este último formulário o responsável por obter informações acerca da gestão de riscos nas operações de DMAPU, do mapeamento de áreas de risco, de eventos hidrológicos extremos e ações perante eles e de informações sobre riscos geológicos.

A partir dos dados coletados, após ajustes nos questionários, foram definidos os indicadores do SNIS-AP que se tratam de parâmetros numéricos calculados por meio de expressões matemáticas que relacionam duas ou mais informações coletadas. Tais indicadores auxiliam na comparação da qualidade e da cobertura dos serviços de DMAPU entre os diversos prestadores de serviços e sua evolução ao longo do tempo. As relações de informações coletadas pelo SNIS-AP e de indicadores calculados pelo sistema são apresentadas nos ANEXOS A e B, respectivamente.

## 4 - METODOLOGIA

O presente trabalho tem como objetivo principal definir um índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros com base nos dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, módulo Águas Pluviais – SNIS-AP.

Para a definição desse índice é necessário compreender se as variáveis apresentadas pelo sistema são adequadas ao objetivo. Sendo assim, analisou-se a base de dados do módulo Águas Pluviais com objetivo de identificar as variáveis que podem estar associadas às questões de alagamentos em municípios brasileiros e, a partir de tais variáveis, buscou-se construir o índice de vulnerabilidade.

Nesse capítulo serão descritas as etapas metodológicas, conforme apresentado na Figura 4.1, adotadas para o alcance dos objetivos propostos no Capítulo 2.

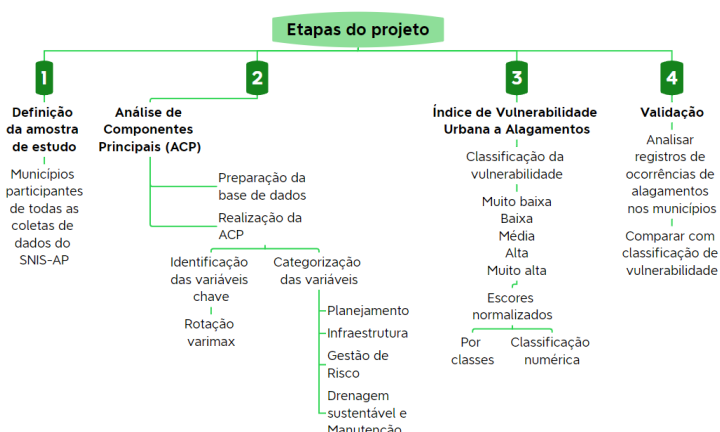


Figura 4.1 - Fluxograma das etapas da pesquisa.

### 4.1 - ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DA AMOSTRA DE ESTUDO

É objetivo do estudo utilizar os dados do SNIS-AP como base para a construção do Índice de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos em municípios brasileiros.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, módulo Águas Pluviais (SNIS-AP), coleta, desde 2015, dados acerca da prestação dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas (DMAPU) no Brasil. As coletas são realizadas no ano corrente, tendo como ano base (ou de referência) o ano anterior. Por exemplo, a coleta realizada no ano de 2022 teve como ano base 2021. Assim, as informações coletadas em 2022 são referentes à

prestação dos serviços de saneamento básico ao longo de 2021. Este estudo faz referência sempre ao ano base, ou seja, o ano ao qual correspondem os dados analisados.

O SNIS-AP apresenta dados referentes aos anos de 2015, 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021. Analisando a participação dos municípios nas coletas ao longo dos anos, observa-se que existe uma flutuação em seu número (Figura 4.2), ou seja, nem todos os municípios mantêm a assiduidade nas coletas anuais.

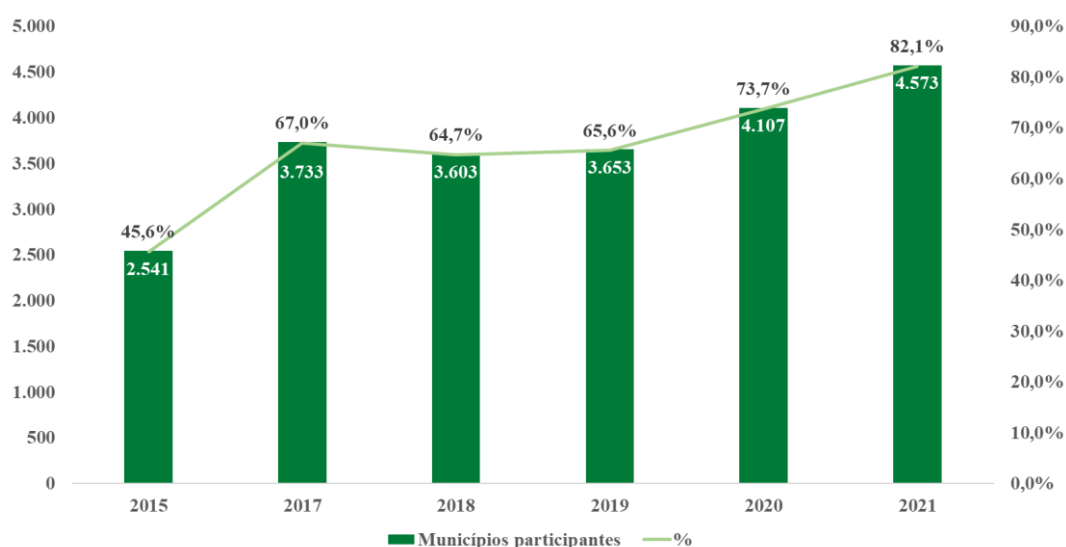


Figura 4.2 - Evolução da participação dos municípios no SNIS-AP ao longo dos anos de referência.

Existe um equilíbrio nas participações entre os anos de 2017 a 2019, e picos da participação dos municípios nos anos de 2020 e 2021, que podem ser atribuídos ao fato de que, desde 2018, a adimplência no SNIS passou a ser critério de priorização de propostas em processos seletivos para a contratação de operações de crédito para projetos de saneamento com recursos disponíveis no orçamento do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS).

Inicialmente, para este estudo, optou-se por trabalhar com os municípios que participaram de todas as coletas do SNIS-AP (6 anos), no entanto, observou-se que coleta realizada com ano base 2015 foi uma coleta piloto e, após a análise de seus resultados, o sistema necessitou passar por diversos ajustes, o que resultou na interrupção da série histórica, uma vez que os dados correspondentes ao ano de 2016 não foram coletados devido à necessidade de finalização de tais ajustes.



Além disso, o SNIS-AP passou por uma revisão dos campos informados pelos prestadores e dos indicadores calculados pelo sistema. É importante destacar que o SNIS denomina os campos informados pelos prestadores, ou seja, aqueles preenchidos com o dado bruto, como informação. Os indicadores são calculados pelo sistema considerando tais informações, ou seja, os dados informados pelo prestador dos serviços no momento do preenchimento. Em 2015, o sistema contava com 122 informações e 23 indicadores. Comparando as variáveis levantadas naquele ano com as levantadas nos anos seguintes, observa-se que, a partir de 2017, o SNIS-AP passou a coletar novos campos e a calcular novos indicadores, como os apresentados a seguir:

- **GE016 (informação)** - Município Crítico (Sim ou Não);
- **RI069 (informação)** - Quantidade de enxurradas, alagamentos e inundações nos últimos 5 anos (Ocorrência);
- **RI071 (informação)** - Quantidade de desabrigados ou desalojados por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos (Pessoas);
- **RI070 (informação)** - Quantidade de óbitos por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos (Óbitos);
- **IN053 (indicador)** - Desembolso de investimentos per capita (R\$/habitante ano);
- **IN054 (indicador)** - Investimentos totais desembolsados em relação aos investimentos totais contratados (%).

No ano base 2020, o SNIS-AP também adicionou três novas informações aos seus formulários:

- **IE014** - Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas? (Sim ou Não);
- **IE069** - Proporção do sistema exclusivo em relação ao total (%);
- **IE070** - Proporção do sistema unitário em relação ao total (%).

Considerando, então, que o sistema passou por significativas mudanças após a coleta piloto, tanto em relação às variáveis coletadas quanto em relação à sua funcionalidade, bem como passou pela adequação dos avisos e erros que são emitidos pelo sistema no momento do preenchimento, e que a participação dos municípios se tornou mais uniforme nos anos seguintes à coleta piloto, optou-se por considerar uma amostra de estudo composta por aqueles participantes de todas as coletas a partir do ano base 2017, resultando em uma amostra de 5 anos com, inicialmente, 2.644 municípios.

## **4.2 - ETAPA 2 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS**

Considerando que o SNIS-AP coleta dados de um grande número de variáveis referentes à prestação dos serviços de DMAPU, optou-se por aplicar a Análise das Componentes Principais (ACP) com o objetivo de definir as variáveis de maior relevância para o estudo, ou seja, para reduzir o conjunto de dados que contém um grande número de variáveis para um conjunto de dados com menos variáveis, sendo essas novas variáveis combinações lineares das originais (Wilks, 2011).

### **4.2.1 - Preparação da base de dados**

#### **Avaliação e seleção das variáveis do SNIS-AP para a ACP**

O SNIS-AP apresenta os dados consolidados, em planilhas publicadas para o ano de 2021, correspondentes à 126 variáveis, sendo 101 informações (dados informados pelo prestador) e 25 indicadores calculados pelo sistema. Dentre os dados informados, 54 são de preenchimento obrigatório, 17 são de preenchimento automático pelo sistema, tratando-se de informações provenientes de fontes externas, como, por exemplo, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) e o Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Os demais campos são de preenchimento não obrigatório aos prestadores de serviços.

As variáveis do módulo Águas Pluviais se referem a aspectos gerais da prestação dos serviços de DMAPU, bem como a aspectos econômico-financeiros e administrativos, de infraestrutura, operacional e de manutenção e de gestão de risco. Para o presente estudo foram excluídas as variáveis econômico-financeiras e administrativas, uma vez que esse é um tema ainda incipiente no cenário de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e os dados coletadas pelo sistema, bem como suas análises, estão em constante alteração pela equipe técnica para melhor se adequar ao que é preconizado pelos dispositivos legais (Brasil, 2022b).

Ressalta-se, ainda, que os indicadores calculados são constituídos por dados de preenchimento obrigatório, com exceção do indicador IN035 (volume de reservação de águas pluviais por unidade de área urbana) que depende do somatório da informação de preenchimento não obrigatório IE058, referente à capacidade de reservação de estruturas

implementadas para o amortecimento de vazões de cheias e inundações da área urbana total do município.

Observa-se que a não obrigatoriedade de preenchimento de algumas informações como, por exemplo, a informação GE012 (O município participa de Comitê de Bacia ou de Sub-Bacia Hidrográfica organizado?), a informação IE027 (Existem vias públicas com soluções de drenagem natural (faixas ou valas de infiltração)?), a informação RI003 (O município utilizou instrumentos de controle e monitoramento em funcionamento durante o ano de referência?), entre outras, resulta em uma base de dados com campos em branco, ou seja, dados faltantes, podendo-se identificar campos com mais de 90% dos municípios sem o seu preenchimento, como é o caso das informações IE028 e IE044 (Extensão total de vias públicas urbanas com soluções de drenagem natural (faixas ou valas de infiltração) e Extensão total de parques lineares ao longo de cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas, respectivamente). Nota-se, ainda, que 23 variáveis apresentam mais de 50% dos campos com dados faltantes, ou seja, mais de 50% dos municípios da amostra não informaram tais dados no ano base 2021.

Ainda em relação aos campos em branco, identificou-se que o caso também ocorre nas variáveis de preenchimento obrigatório. Isso pode acontecer quando uma informação depende de outra, ou seja, a resposta afirmativa em um campo habilita o preenchimento obrigatório de outros, como por exemplo, as informações IE032 a IE036, cuja descrição é apresentada na Tabela 4.1, que são habilitadas para preenchimento caso a resposta para a informação IE031 (Existem cursos d'água naturais perenes?) seja “Sim”. O mesmo ocorre com a informação IE044 (Extensão total de parques lineares ao longo de cursos d'água naturais perenes) que é habilitada para preenchimento obrigatório caso a informação IE043 (Existem parques lineares?) seja respondida afirmativamente. Observa-se que, em ambos os casos, os campos que são habilitados a depender da resposta afirmativa de outro se referem a um detalhamento da informação inicial. Sendo assim, optou-se por remover da análise os dados informados que se caracterizam desse tipo, bem como os indicadores que são calculados considerando informações que se enquadram neste aspecto, como é o caso dos indicadores IN025, IN026, IN027 e IN029, que somente são calculados se os campos IE031 e IE032 foram respondidos afirmativamente.

Tabela 4.1 - Descrição das variáveis habilitadas e/ou calculadas com a resposta afirmativa ao campo IE031.

Variável	Descrição
<b>IE032</b>	Total dos cursos d'água naturais perenes
<b>IE033</b>	Total dos cursos d'água naturais perenes com diques
<b>IE034</b>	Total dos cursos d'água naturais perenes canalizados abertos
<b>IE035</b>	Total dos cursos d'água naturais perenes canalizados fechados
<b>IE036</b>	Total dos cursos d'água naturais perenes com retificação
<b>IN025</b>	Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes em Área Urbana com Parques Lineares
<b>IN026</b>	Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Canalização Aberta
<b>IN027</b>	Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Canalização Fechada
<b>IN029</b>	Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Diques

Uma outra situação envolvendo campos em branco na base de dados do SNIS-AP que deve ser pontuada é em relação aos casos de municípios que têm seus formulários finalizados internamente pela equipe técnica. Isso ocorre quando o município apresenta dados que são apontados como erro pelo sistema, mas que são confirmados como corretos pelo município. Nestes casos, o dado não é modificado, pois o município se responsabiliza por aquela informação, atestando-a como verdadeira, e a equipe técnica realiza a finalização interna do preenchimento, uma vez que o município é incapaz de fazê-lo devido ao erro que consta no formulário. No entanto, no momento da análise dos dados e do cálculo dos indicadores, os municípios que se enquadram nessa situação não têm os indicadores referentes ao formulário com erro calculados.

Considerando a base de dados referente ao ano de 2021, identificou-se que os indicadores IN020, IN021 e IN051 não foram calculados em 14 municípios (IN020 e IN021) e em 83 municípios (IN051). Sendo assim, optou-se por excluir da amostra inicial da ACP 91 municípios com estes indicadores não calculados, reduzindo a amostra de estudo para 2.553 municípios, cuja distribuição é apresentada na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Distribuição da amostra de estudo, considerando os municípios participantes das coletas do SNIS-AP com anos base 2017 a 2021.

Macrorregião	Número de municípios	Percentual de municípios em relação ao total da macrorregião	Capitais de UF	Percentual de capitais em relação ao total da macrorregião
<b>Norte</b>	119	26,4%	6	85,7%
<b>Nordeste</b>	482	26,9%	9	100,0%
<b>Sudeste</b>	946	56,7%	4	100,0%

Continuação da Tabela 4.2.				
Macrorregião	Número de municípios	Percentual de municípios em relação ao total da macrorregião	Capitais de UF	Percentual de capitais em relação ao total da macrorregião
Sul	781	65,6%	3	100,0%
Centro-Oeste	225	48,2%	4	100,0%
<b>Brasil</b>	<b>2.553</b>	<b>45,8%</b>	<b>26</b>	<b>96,3%</b>

Com isso, após a avaliação das variáveis do SNIS-AP, a base de dados a ser considerada para a Análise das Componentes Principais é composta apenas pelas variáveis de preenchimento obrigatório e que não apresentam campos em branco correspondentes ao detalhamento de uma outra informação. Assim, obteve-se uma amostra inicial de 2.553 municípios e 31 variáveis, dentre as quais se tem 24 informações (dados informados pelo prestador) e 7 indicadores (Tabela 4.3).

Ressalta-se, ainda, que as variáveis selecionadas para compor a base de dados são as que apresentam relação com a temática de alagamentos, sendo então excluídas as variáveis referentes aos aspectos econômico-financeiro e administrativo, bem como as variáveis de gestão de risco que se referem aos impactos resultantes de eventos hidrológicos extremos, por exemplo, RI071 (Quantidade de desabrigados ou desalojados decorrentes de eventos hidrológicos impactantes - Quantidade de desabrigados ou desalojados por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos) e IN041 (Parcela da população impactada por eventos hidrológicos).

Tabela 4.3 - Descrição das variáveis selecionadas para a Análise de Componentes Principais.

Variável	Descrição
GE001	Área territorial total
GE002	Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas
GE005	População total residente
GE006	População urbana residente
GE007	Quantidade total de imóveis existentes na área urbana
GE008	Quantidade total de domicílios urbanos existentes no município
GE016	Crítico
IE001	Existe plano diretor de DMAPU no município?
IE012	Existe cadastro técnico de obras lineares no município?
IE013	Existe projeto básico, executivo ou "as built" de unidades operacionais de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?
IE014	Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?

<b>Continuação da Tabela 4.3.</b>	
<b>Variável</b>	<b>Descrição</b>
<b>IE016</b>	Sistema de drenagem urbana - tipo de sistema de drenagem urbana
<b>IE017</b>	Extensão de vias públicas em áreas urbanas - total existente
<b>IE019</b>	Extensão total de vias públicas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante):
<b>IE021</b>	Quantidade de bocas de lobo existentes no município:
<b>IE022</b>	Quantidade de bocas de leão ou bocas de lobo múltiplas (duas ou mais bocas de lobo conjugadas) existentes no município:
<b>IE023</b>	Quantidade de poços de visita (PV) existentes no município:
<b>IE024</b>	Extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos:
<b>IE031</b>	Existem cursos d'água naturais perenes?
<b>IE043</b>	Existem parques lineares?
<b>OP001</b>	Não houve intervenção ou manutenção no sistema de drenagem ou nos cursos d'água
<b>RI001</b>	Referente a gestão de riscos e resposta a desastres referentes a problemas com a DMAPU, quais das instituições existem no município
<b>RI005</b>	Existem sistemas de alerta de riscos hidrológicos (alagamentos, enxurradas, inundações)?
<b>RI009</b>	Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos?
<b>IN042</b>	Parcela de área urbana em relação à área total
<b>IN043</b>	Densidade demográfica na área urbana
<b>IN044</b>	Densidade de domicílios na área urbana
<b>IN020</b>	Taxa de cobertura de pavimentação e meio-fio na área urbana do município
<b>IN021</b>	Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana
<b>IN051</b>	Densidade de captações de águas pluviais na área urbana
<b>IN040</b>	Parcela de domicílios em situação de risco de inundação

Ainda com o objetivo de avaliar a base de dados selecionada para a ACP, foram realizadas análises para verificar a adequabilidade da amostra, como a análise da matriz de correlação das variáveis selecionadas, bem como a aplicação dos testes de Bartlett e de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O teste de Bartlett testa a hipótese de independência perfeita entre as variáveis, reduzindo a matriz de correlação à matriz identidade. Caso a hipótese seja rejeitada ( $p < 0,05$ ) é possível concluir que existe algum tipo de associação entre as variáveis (Matos; Rodrigues, 2019). Já o teste de KMO visa verificar a adequabilidade da amostra, variando entre 0 e 1, o que representa a proporção da variância das variáveis que pode ser explicada (Matos; Rodrigues, 2019). Hair *et al.* (2010) recomendam que o valor mínimo de KMO deve ser 0,5 e para Hutcheson e Sofroniou (1999) *apud* Matos e Rodrigues (2019), a adequabilidade da amostra é considerada boa se o KMO estiver entre 0,7 e 0,8. Os resultados e discussão destas análises são apresentados no Capítulo 05.

## **Preparação das variáveis para a Análise de Componentes Principais**

O SNIS-AP apresenta algumas de suas variáveis com respostas do tipo textual, podendo ser SIM ou NÃO como, por exemplo, a IE001 (Existe Plano Diretor de Drenagem?), ou a especificação de algum elemento, como por exemplo, a IE016 (Sistema de drenagem urbana - tipo de sistema de drenagem urbana). Para o presente estudo, todas as variáveis devem ser numéricas, sendo assim, atribuiu-se os valores 1 e 0 para campos cuja resposta é SIM ou NÃO, respectivamente. Em casos nos quais os campos são descritivos, atribuiu-se 1 para quando existe a especificação no município e 0 para quando o caso não se aplica, como por exemplo no caso da variável IE016, na qual se atribuiu 1 para quando o município apresenta algum tipo de sistema de drenagem urbana e 0 para quando não há registros pelo município. A lista de variáveis que se enquadram neste caso é apresentada no ANEXO C.

### **4.2.2 - Análise das Componentes Principais**

Inicialmente, a Análise das Componentes Principais foi realizada para a base de dados considerando 2.553 municípios, que participaram de todas as coletas do SNIS-AP (2017 a 2021 - 5 anos), e 31 variáveis, sendo 24 dados de preenchimento obrigatório (informações) e 7 indicadores calculados pelo sistema.

Ressalta-se que a ACP foi realizada considerando uma base de dados com variáveis pré-selecionadas de acordo com a temática de alagamentos, bem como foi aplicada com o objetivo de reduzir o conjunto de dados para um agrupamento capaz de explicar a maior variabilidade dos dados.

A ACP foi realizada com a linguagem de programação em R, por meio da aplicação do pacote *FactoMineR* e da função *PCA*, considerando a matriz de correlação, que utiliza variáveis padronizadas. Para a seleção das componentes principais foi aplicado o critério de Kaiser, que sugere que se deve selecionar as componentes cujo autovalor seja maior ou igual a 1 (Kaiser, 1960; Matos; Rodrigues, 2019). Destaca-se que o autovalor (do inglês, *eigenvalue*) mede a variância em todas as variáveis que fazem parte da componente. Se o autovalor é baixo, a componente contribui pouco para a explicação das variâncias nas variáveis, podendo ser considerada como redundante em relação às componentes de maiores autovalores (Matos; Rodrigues, 2019).

Com o objetivo de buscar a melhor interpretação das componentes principais, realizou-se a rotação Varimax do resultado da ACP, que é um método de rotação ortogonal que tenta evitar que muitas variáveis tenham cargas altas em um único fator (Matos; Rodrigues, 2019). Essas cargas, também chamadas de *loadings* ou carregamentos, indicam a contribuição de cada variável na obtenção das componentes principais. Valores altos de carregamento para um dado conjunto de variáveis sugerem que aquele conjunto está contribuindo de forma significativa para a variabilidade dos dados. Valores inversos, por exemplo, variável A positiva e variável B negativa, indicam uma correlação inversa (Lima *et al.*, 2007), no caso do presente estudo, poderiam indicar um fator atenuante ou agravante para a vulnerabilidade urbana a alagamentos. As variáveis selecionadas foram categorizadas nas seguintes tipologias: **Planejamento**, **Infraestrutura**, **Gestão de Risco** e **Drenagem Sustentável e Manutenção**.

Após a primeira ACP, que considerou toda a base de dados (2.553 municípios e 31 variáveis), observou-se a necessidade de avaliar, separadamente, cada categoria de variáveis. Nesse sentido, foram realizadas novas ACPs, para cada categoria, e as variáveis foram reavaliadas, de modo a se compreender melhor o que cada uma representa na análise de vulnerabilidade urbana a alagamentos, e, em alguns casos, novos indicadores foram propostos. Os resultados desta etapa são apresentados no Capítulo 05.

#### **4.3 - ETAPA 3 - ÍNDICE DE VULNERABILIDADE URBANA A ALAGAMENTOS**

A definição do índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos foi realizada por meio da análise dos resultados da Análise das Componentes Principais, considerando as quatro categorias definidas para as variáveis. Para tanto, aplicou-se duas metodologias distintas para a obtenção do índice:

- i) **Por classes descritivas:** que consistiu em analisar as componentes principais selecionadas em cada uma das categorias definidas e classificá-las de acordo com a tipologia de informações que as variáveis que a compõem descrevem. Por exemplo, na categoria Planejamento, foram selecionadas 3 componentes principais, ou seja, definiu-se 3 classes descritivas, a saber: caracterização urbana, instrumentos de planejamento e gestão e caracterização geral do município.



Para cada classe foi definido o índice de vulnerabilidade, com base nos valores de escores obtidos na ACP, seguido da classificação dos municípios da amostra e análise dos resultados obtidos, separadamente por classe.

- ii) **Por classificação numérica:** nessa metodologia, a obtenção do índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos se deu por meio do somatório das componentes principais selecionadas, para cada uma das categorias, atribuindo-se pesos iguais a 1 para cada componente. Para este somatório, considerou-se o escore das componentes para os municípios da amostra.

Foi necessário também analisar a classe da componente, de modo a identificar se seria agravante ou atenuante para a vulnerabilidade.

A classificação de vulnerabilidade, Tabela 4.4, foi realizada considerando os valores dos escores, obtidos na ACP, ajustados à distribuição normal por meio da função de distribuição de probabilidade cumulativa empírica, a exemplo do que é realizado na definição do índice SPI (*Standardized Precipitation Index*) (Cutter *et al.*, 2003; Mckee *et al.*, 1993). A normalização dos escores é realizada para que os extremos de muito baixa e muito alta vulnerabilidade sejam representados de maneira semelhante (Mckee *et al.*, 1993).

Os limites de classificação da vulnerabilidade foram definidos com o apoio da literatura (Cutter *et al.*, 2003; Dunning; Durden, 2013; Fernandez *et al.*, 2016; Gonçalves *et al.*, 2021; Schmidlein *et al.*, 2008, 2011). Quando necessário, o valor dos escores foram multiplicados por -1 para assegurar a melhor interpretação dos resultados.

Tabela 4.4 - Classificação da vulnerabilidade.

<b>Critério de pontuação</b>	<b>Classe de vulnerabilidade</b>	<b>Probabilidade</b>
$z \geq 2,0$	Muito Alta	2,3%
$1,0 \leq z < 2,0$	Alta	13,5%
$-1,0 < z < 1,0$	Média	68,4%
$-2,0 < z \leq -1,0$	Baixa	13,5%
$z \leq -2,0$	Muito Baixa	2,3%

Para a definição do índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos, cada categoria foi analisada separadamente, assim como foi necessário avaliar, também, as variáveis que compõem cada componente principal, de modo a se conseguir identificar as particularidades de cada variável e assim definir quais eram atenuantes ou agravantes para a vulnerabilidade do município. Os resultados desta etapa são apresentados no Capítulo 05.

#### **4.4 - ETAPA 4 - VALIDAÇÃO**

A etapa de validação dos resultados tem como objetivo avaliar se o Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos definido traz informações de fato relevantes para os municípios brasileiros. Para tanto, buscou-se analisar se municípios que passaram por eventos hidrológicos impactantes, tiveram o registro de ocorrências de alagamentos e se tais ocorrências resultaram em impactos significativos, ou não, para a população, de modo a verificar se a classificação de vulnerabilidade do município é compatível com os resultados desses eventos.

Foram considerados, para essa validação, os dados do SNIS-AP referentes à ocorrência de eventos de alagamentos. Em conjunto aos dados do SNIS, foram utilizadas, também, as informações disponibilizadas no Atlas Digital de Desastres do Brasil, desenvolvido no âmbito do Ministério do Desenvolvimento Regional, bem como dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), além de pesquisa em meios de comunicação que registraram a ocorrência de tais eventos e noticiaram seus impactos para a população.

Ao validar os índices, esperou-se ser possível identificar padrões que contribuam para o aumento ou para a redução da vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros. Esta etapa também irá auxiliar na identificação das variáveis do SNIS-AP que podem ser, de fato, utilizadas em estudos de vulnerabilidade.

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um Índice de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos em municípios brasileiros com base nos dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, módulo Águas Pluviais (SNIS-AP). Para tanto, considerou-se uma amostra de estudo com 2.553 municípios, sendo selecionados aqueles participantes de todas as coletas de dados do SNIS-AP entre os anos de referência 2017 a 2021 (Figura 5.1). Foi considerada, também, uma base de dados com 31 variáveis, dentre as quais se tem 24 informações provenientes do preenchimento obrigatório dos prestadores e 7 indicadores calculados pelo sistema.

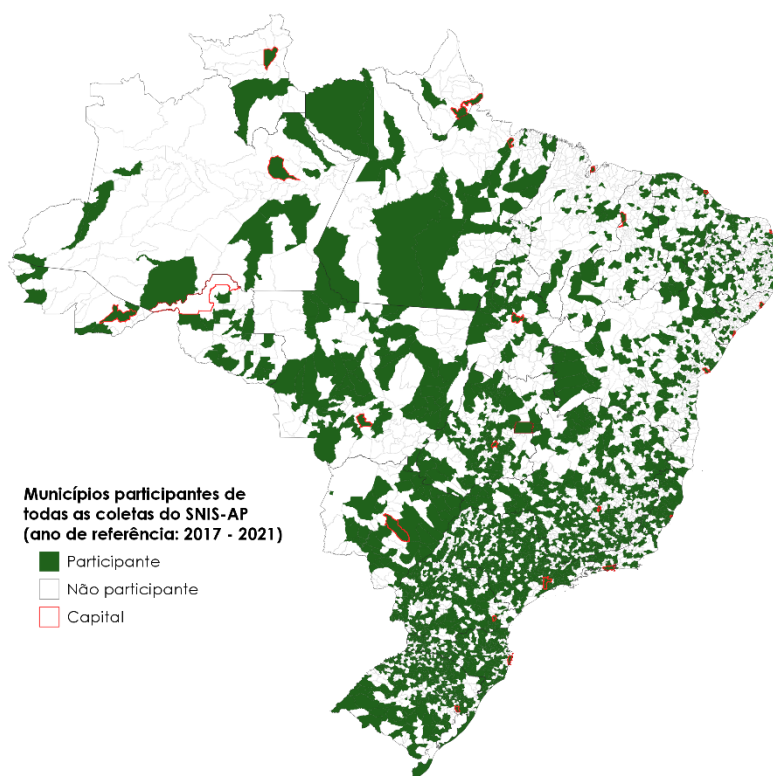


Figura 5.1 - Distribuição espacial dos municípios selecionados para a amostra de estudo.

Com o objetivo de avaliar a adequabilidade da base de dados e da amostra selecionada, realizou-se diversos testes, cujos resultados são apresentados a seguir.

## 5.1 - AVALIAÇÃO DA ADEQUABILIDADE DA BASE DE DADOS E DA AMOSTRA DE ESTUDO

Considerando as variáveis selecionadas para a ACP, realizou-se a análise de correlação entre elas, por meio da matriz de correlação, conforme apresentado na Figura 5.2.

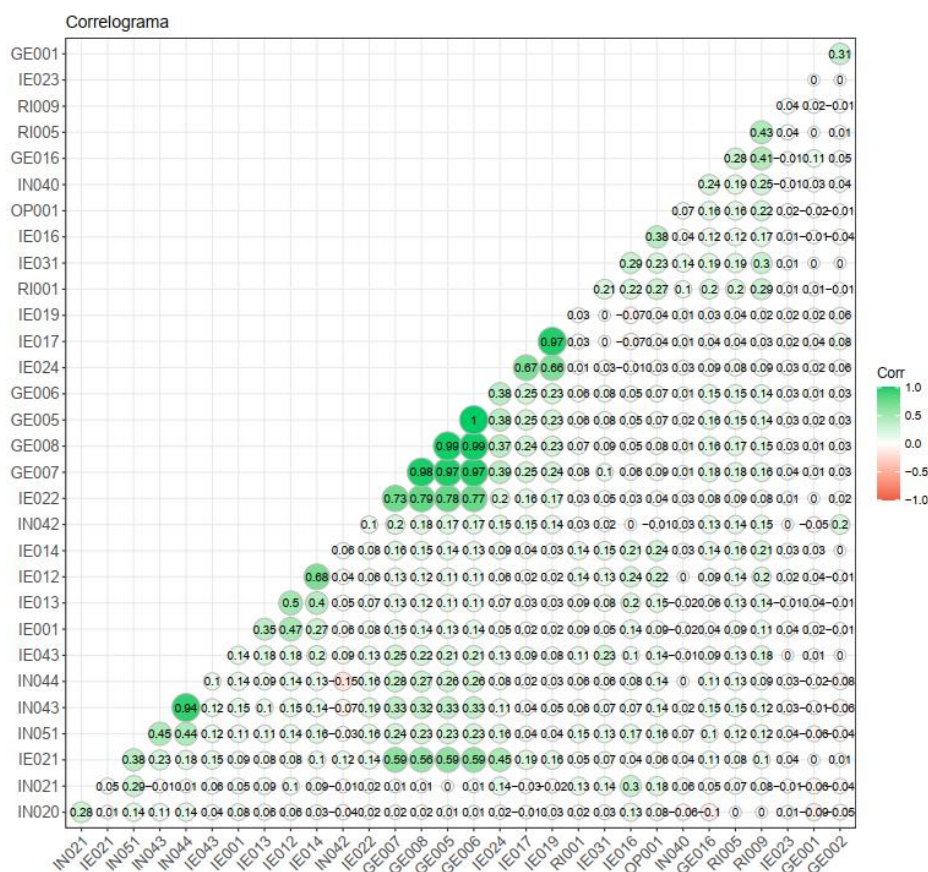


Figura 5.2 - Correlograma das variáveis selecionadas para a ACP.

Por meio do correlograma, é possível observar a correlação entre variáveis que são dependentes umas das outras como é o caso das variáveis gerais GE005 e GE006, referentes às populações total e urbana residente, respectivamente. Comportamento similar pode ser observado nas variáveis de infraestrutura, por exemplo, a IE017 e a IE019, que se referem à extensão total de vias urbanas no município e de vias urbanas com pavimento ou meio-fio, respectivamente.

É possível observar, também, a correlação entre indicadores que apresentam a mesma informação no denominador como é o caso dos indicadores IN043, IN044 e IN051. Neste

caso, a informação em comum é a GE002 (Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas).

$$IN043 \text{ (Densidade demográfica na área urbana)} = \frac{GE006}{GE002*100} \quad \text{Equação 5.1}$$

$$IN044 \text{ (Densidade de domicílios na área urbana)} = \frac{GE008}{GE002*100} \quad \text{Equação 5.2}$$

$$IN051 \text{ (Densidade de captações de águas pluviais na área urbana)} = \frac{IE021+IE022}{GE002} \quad \text{Equação 5.3}$$

É interessante destacar a correlação das informações GE016 (Município crítico) com a informação RI009 (Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos?). Embora sejam informações de categorias distintas (gerais e de gestão de risco, respectivamente), a RI009 se trata de um instrumento de planejamento e gestão que pode auxiliar na classificação de municípios como críticos ou não críticos.

Com o objetivo de verificar a adequação da amostra inicial, foram realizados os testes de Bartlet e de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O teste de Bartlet testa a hipótese de independência perfeita entre as variáveis, reduzindo a matriz de correlação à matriz identidade. Caso a hipótese seja rejeitada ( $p < 0,05$ ) é possível concluir que existe algum tipo de associação entre as variáveis (Matos; Rodrigues, 2019). Já o teste de KMO visa verificar a adequabilidade da amostra, variando entre 0 e 1, o que representa a proporção da variância das variáveis que pode ser explicada (Matos; Rodrigues, 2019). Hair *et al.* (2010) recomendam que o valor mínimo de KMO deve ser 0,5 e para Hutcheson e Sofroniou (1999) *apud* Matos e Rodrigues (2019), a adequabilidade da amostra é considerada boa se o KMO estiver entre 0,7 e 0,8.

Para a amostra inicial deste estudo, o teste de Bartlet retornou o valor p menor que o nível de significância adotado ( $p = 2,2e-16$ ), sendo então rejeitada a hipótese de independência entre as variáveis, como era o esperado com base na análise do correlograma. Já o teste de KMO alcançou o valor de 0,77, classificando a amostra como boa.

## 5.2 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A Análise de Componentes Principais foi realizada com a linguagem de programação em R, por meio da aplicação do pacote *FactoMineR* e da função *PCA*, considerando a matriz de correlação, que utiliza variáveis padronizadas. O primeiro teste da ACP foi realizado sobre a amostra completa (2.553 municípios e 31 variáveis), cujas variáveis são apresentadas na Tabela 4.3, reproduzida novamente abaixo.

Tabela 4.3 - Descrição das variáveis selecionadas para a Análise de Componentes Principais.

Variável	Descrição
GE001	Área territorial total
GE002	Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas
GE005	População total residente
GE006	População urbana residente
GE007	Quantidade total de imóveis existentes na área urbana
GE008	Quantidade total de domicílios urbanos existentes no município
GE016	Crítico
IE001	Existe plano diretor de DMAPU no município?
IE012	Existe cadastro técnico de obras lineares no município?
IE013	Existe projeto básico, executivo ou "as built" de unidades operacionais de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?
IE014	Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?
IE016	Sistema de drenagem urbana - tipo de sistema de drenagem urbana
IE017	Extensão de vias públicas em áreas urbanas - total existente
IE019	Extensão total de vias públicas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante):
IE021	Quantidade de bocas de lobo existentes no município:
IE022	Quantidade de bocas de leão ou bocas de lobo múltiplas (duas ou mais bocas de lobo conjugadas) existentes no município:
IE023	Quantidade de poços de visita (PV) existentes no município:
IE024	Extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos:
IE031	Existem cursos d'água naturais perenes?
IE043	Existem parques lineares?
OP001	Não houve intervenção ou manutenção no sistema de drenagem ou nos cursos d'água
RI001	Referente a gestão de riscos e resposta a desastres referentes a problemas com a DMAPU, quais das instituições existem no município
RI005	Existem sistemas de alerta de riscos hidrológicos (alagamentos, enxurradas, inundações)?
RI009	Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos?
IN042	Parcela de área urbana em relação à área total
IN043	Densidade demográfica na área urbana
IN044	Densidade de domicílios na área urbana
IN020	Taxa de cobertura de pavimentação e meio-fio na área urbana do município

Continuação da Tabela 4.3.	
Variável	Descrição
IN021	Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana
IN051	Densidade de captações de águas pluviais na área urbana
IN040	Parcela de domicílios em situação de risco de inundação

Com base no critério de Kaiser, a relação das variáveis selecionadas pode ser descrita por meio das 9 primeiras componentes principais, que somadas explicam 65,2% da variabilidade dos dados. A seleção das 9 componentes também pode ser validada por meio da análise paralela (Hayton *et al.*, 2004), cujo gráfico mostra o ponto de corte com autovalor igual a 1 (Figura 5.3).

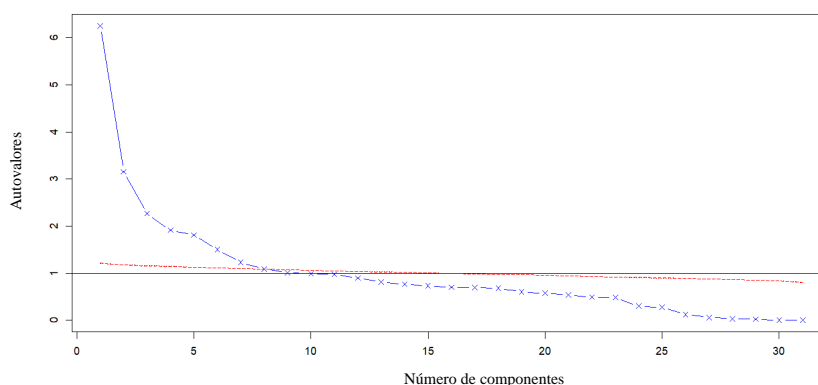


Figura 5.3 - Análise paralela para a seleção das 9 CPs resultantes da ACP.

A primeira componente é responsável por 20,2% da variabilidade dos dados e pode estar relacionada aos aspectos de planejamento e infraestruturas de DMAPU, seguida pela CP2 que explica 10,2% da variabilidade dos dados e se relaciona com aspectos de infraestrutura. As componentes 3 e 4, que juntas explicam 15,1% da variabilidade dos dados, relacionam-se com aspectos do planejamento de DMAPU. A componente 5 (6,5% da variância explicada) agrupa variáveis referentes ao planejamento e à gestão de risco, a componente 6 (6,4%) se refere à infraestrutura, à drenagem sustentável e manutenção e à gestão de risco. As componentes 7 (4,9%) e 9 (3,3%) se relacionam com a infraestrutura de DMAPU e a componente 8 (4,3%) se refere ao planejamento.

Com o objetivo de buscar a melhor interpretação das componentes principais, realizou-se a rotação Varimax do resultado da ACP, que é um método de rotação ortogonal que tenta evitar que muitas variáveis tenham cargas altas em um único fator. A variáveis selecionadas

foram categorizadas nas seguintes tipologias: **Planejamento**, **Infraestrutura**, **Gestão de Risco** e **Drenagem Sustentável e Manutenção**. A relação das variáveis em cada componente é apresentada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Categorização das variáveis por componente principal após a rotação Varimax.

Componente	Descrição	Categorias	Variância explicada
PC1	<p>GE005 População total residente</p> <p>GE006 População urbana residente</p> <p>GE007 Quantidade total de imóveis existentes na área urbana</p> <p>GE008 Quantidade total de domicílios urbanos existentes no município</p> <p>IE021 Quantidade de bocas de lobo existentes no município:</p> <p>IE022 Quantidade de bocas de leão ou bocas de lobo múltiplas (duas ou mais bocas de lobo conjugadas) existentes no município:</p>	PLANEJAMENTO E INFRAESTRUTURA	16,3%
PC2	<p>IE017 Extensão de vias públicas em áreas urbanas - Total existente</p> <p>IE019 Extensão total de vias públicas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante):</p> <p>IE024 Extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos:</p>	INFRAESTRUTURA	8,3%
PC3	<p>IE001 Existe plano diretor de DMAPU no município?</p> <p>IE012 Existe cadastro técnico de obras lineares no município?</p> <p>IE013 Existe projeto básico, executivo ou "as built" de unidades operacionais de DMAPU?</p> <p>IE014 Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?</p>	PLANEJAMENTO	8,0%
PC4	<p>IN043 Densidade demográfica na área urbana</p> <p>IN044 Densidade de domicílios na área urbana</p>	PLANEJAMENTO	7,1%
PC5	<p>GE016 Crítico</p> <p>RI005 Existem sistemas de alerta de riscos hidrológicos (alagamentos, enxurradas, inundações)?</p> <p>RI009 Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos?</p> <p>IN042 Parcela de área urbana em relação à área total</p> <p>IN040 Parcela de Domicílios em Situação de Risco de Inundação</p>	PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RISCO	6,5%
PC6	<p>IE016 Sistema de drenagem urbana - Tipo de sistema de drenagem urbana</p> <p>IE031 Existem cursos d'água naturais perenes?</p> <p>IE043 Existem parques lineares?</p> <p>OP001 Não houve intervenção ou manutenção no sistema de drenagem ou nos cursos d'água</p> <p>RI001 Referente a gestão de riscos e resposta a desastres referentes a problemas com a DMAPU, quais das instituições existem no município</p>	INFRAESTRUTURA, GESTÃO DE RISCO E MANUTENÇÃO E DRENAGEM SUSTENTÁVEL	6,4%
PC7	<p>IN020 Taxa de cobertura de pavimentação e meio-fio na área urbana do município</p> <p>IN021 Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana</p> <p>IN051 Densidade de captações de águas pluviais na área urbana</p>	INFRAESTRUTURA	4,9%
PC8	<p>GE001 Área territorial total</p> <p>GE002 Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas</p>	PLANEJAMENTO	4,3%
PC9	<p>IE023 Quantidade de poços de visita (PV) existentes no município:</p>	INFRAESTRUTURA	3,3%



Observa-se que a variância explicada por cada componente foi ligeiramente alterada, pois a solução rotacionada apresenta esses valores de forma mais equilibrada (Matos; Rodrigues, 2019). Com base nos resultados apresentados na Tabela 5.1, é possível identificar que as componentes principais 1 e 2 são formadas por variáveis que caracterizam a área urbana e a infraestrutura de drenagem existente no município. As demais componentes são compostas por variáveis que podem ser atenuantes ou agravantes para a vulnerabilidade do município a alagamentos, sendo necessário avaliar caso a caso.

A ACP considerando todas as variáveis selecionadas para o estudo resultou em componentes principais que são formadas, em sua maioria, por mais de uma categoria anteriormente definidas. Com o objetivo de avaliar os resultados por categoria, realizou-se novas ACPs.

### **5.2.1 - ACP - Planejamento**

A primeira categoria analisada foi a de **Planejamento**, que é composta por 14 variáveis, sendo 11 referentes aos dados informados e 3 indicadores calculados pelo sistema. Os resultados da ACP retornaram 5 componentes principais que juntas explicam 77,2% da variabilidade dos dados, sendo 32,6% de responsabilidade da primeira componente.

Após a rotação Varimax, observou-se que a CP1 é composta pelas variáveis GE005, GE006, GE007 e GE008, que dizem respeito às populações total e urbana e às quantidades de imóveis e domicílios na área urbana do município, respectivamente. A CP2 é composta pelas variáveis IE001, IE012, IE013 e IE014, que se referem à instrumentos de planejamento e gestão da drenagem e do manejo das águas pluviais urbanas. Os indicadores IN043 (densidade demográfica da área urbana) e o IN044 (densidade de domicílios a área urbana) compõem a CP3 e fazem uma relação das variáveis GE006 e GE008 com a área urbana total do município (GE002), de modo a avaliar o índice de impermeabilização global da área urbana. As informações que caracterizam o município quanto às áreas total e urbana (GE001 e GE002, respectivamente) compõem a CP4. Por fim, a CP5 traz a informação GE016 (município crítico) e o indicador IN042 – parcela de área urbana em relação à área total – que auxilia na avaliação da eficiência da gestão do sistema, uma vez que a maior parte da infraestrutura de DMAPU é planejada para as áreas urbanas.

A partir dos resultados da ACP, observou-se que, do ponto de vista de análise dos municípios, algumas informações não são comparáveis entre si, como é o caso das áreas e

populações totais e urbanas, uma vez que apenas o valor bruto dessas informações não fala muito sobre um município de uma forma comparável com outro. O SNIS-AP calcula indicadores que relacionam essas e outras informações, como é o caso do IN042, IN043 e IN044, que são capazes de descrever a situação do município no que se refere ao seu nível de urbanização, entre outros aspectos.

Com isso, observou-se que seria possível inserir outros indicadores, que não são calculados pelo sistema, de modo a se obter uma relação entre as variáveis com um significado mais relevante para o estudo. Sendo assim, foram propostos novos indicadores, conforme apresentado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Novos indicadores de planejamento criados para a ACP.

Indicador	Equação	Descrição	Observação
IND001 - Densidade demográfica na área total	$\frac{GE005}{GE001 * 100}$ Unidade: pessoas por hectares	GE005: População total residente GE001: Área territorial total  Objetivo: Conhecer a densidade demográfica total do município e usar como comparativo para a densidade demográfica urbana.	Com o novo indicador, as variáveis GE001 e GE005 serão removidas da ACP.
IND002 – Densidade de imóveis na área urbana	$\frac{GE007}{GE002 * 100}$ Unidade: imóveis por hectares	GE007: Quantidade total de imóveis existentes na área urbana GE002: Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas  Objetivo: Conhecer a densidade de imóveis na área urbana do município (unidades residências, comerciais, industriais, de saúde, públicas, entre outras). Ao analisar alagamentos, estes imóveis podem ser fortemente afetados e isso pode resultar em um maior transtorno para a população, por se tratarem, na sua maioria, de imóveis de uso comum dos habitantes do município.	Com o novo indicador, a variável GE007 será removida da ACP.
IND003 – Parcela da população urbana em relação à população total	$\frac{GE006}{GE005} * 100$ Unidade: percentual (%)	GE006: População urbana residente GE005: População total residente  Objetivo: Conhecer a parcela de população urbana em relação à população total do município, de modo a avaliar a parcela da população que está sob vulnerabilidade urbana a alagamentos.	Com o novo indicador, as variáveis GE005 e GE006 serão removidas da ACP.

Com a criação dos novos indicadores e a análise daqueles que já são calculados pelo sistema, as informações GE001, GE002, GE005, GE006, GE007 e GE008 foram removidas da ACP, reduzindo a base de dados de 14 variáveis para 11, considerando os 3 novos indicadores. Com isso, realizou-se uma nova ACP para a categoria Planejamento.

Os resultados retornaram 3 componentes principais que explicam 65,6% da variabilidade dos dados, sendo 33,2% explicado pela CP1, 19,9% pela CP2 e 12,6% pela CP3. Após rotação Varimax a distribuição de variabilidade explicada entre as 3 CPs foi ajustada para

28,5%, 22,1% e 15,0%, respectivamente para as CPs 1, 2 e 3. Os *loadings* de cada componente são apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Carregamentos (*loadings*) das componentes principais da categoria Planejamento.

Variável	Descrição	1	2	3
IN044	Densidade de domicílios na área urbana	<b>0,969</b>		
IN043	Densidade demográfica na área urbana	<b>0,957</b>		0,179
IND002	Densidade de imóveis na área urbana	<b>0,945</b>		
IE012	Existe cadastro técnico de obras lineares no município?		<b>0,881</b>	
IE014	Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?		<b>0,775</b>	
IE013	Existe projeto básico, executivo ou "as built" de unidades operacionais de DMAPU?		<b>0,725</b>	
IE001	Existe plano diretor de DMAPU no município?		<b>0,637</b>	
IN042	Parcela de área urbana em relação à área total	-0,253		<b>0,858</b>
IND001	Densidade demográfica na área total	0,471		<b>0,661</b>
IND003	Parcela da população urbana em relação à população total	0,275	0,318	<b>0,464</b>
GE016	Crítico			<b>0,444</b>
<b>Variabilidade explicada = 65,6%</b>		<b>28,5%</b>	<b>22,1%</b>	<b>15,0%</b>

Analisando os resultados, é possível observar que a primeira componente principal é composta por variáveis que contribuem para a avaliação do índice de impermeabilização global da área urbana. A alta densidade demográfica indica alto índice de impermeabilização o que resulta em coeficientes de escoamento superficial elevados. Quanto maiores estes coeficientes, maior a parcela da chuva que escoar pela superfície e o carregamento do sistema de drenagem, que, se comprometido, pode resultar em situações de alagamentos nas áreas urbanas do município.

A segunda componente é composta pelas variáveis que se referem aos instrumentos de planejamento e gestão dos serviços de DMAPU. Tratam-se de instrumentos que, se implementados, podem auxiliar o tomador de decisões a identificar os pontos do sistema de drenagem do município que podem ser considerados frágeis e que podem comprometer a segurança e qualidade de vida da população, permitindo, assim, que medidas preventivas às situações de alagamentos sejam implementadas.

Por fim, a terceira componente apresenta as variáveis de caracterização do município no que se referem às parcelas de área e população urbana em relação às áreas e populações totais, bem como à densidade demográfica total do município e se o mesmo se classifica como crítico ou não. Tais variáveis contribuem para a avaliação da gestão do sistema de DMAPU.

### 5.2.2 - ACP - Infraestrutura

Dando prosseguimento às ACPs, analisou-se a categoria **Infraestrutura**, composta por 11 variáveis, sendo 8 informações e 3 indicadores. A relação das variáveis desta categoria pode ser descrita por meio das 4 primeiras componentes principais, que somadas explicam 62,2% da variabilidade dos dados, sendo 25,3% explicado pela primeira componente.

Os resultados obtidos após a rotação Varimax mostram que a CP1 é composta pelas variáveis que se referem à extensão de vias públicas na área urbana total existente, com pavimento e meio-fio e com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos (IE017, IE019 e IE024, respectivamente). A CP2 é composta pelas variáveis IE021 e IE022, que representam a quantidade de captações de águas pluviais existentes no município, pelo indicador IN051, que relaciona as duas variáveis citadas anteriormente e mede a densidade de captações de águas pluviais por unidade de área urbana, e pela variável IE023 (quantidade de poços de visitas existentes no município). Os indicadores IN020 e IN021, que apresentam a taxa de cobertura de vias públicas com pavimento e meio-fio e com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana, compõem a terceira componente (CP3). Tais indicadores relacionam as variáveis IE017, IE019 e IE024, identificadas na CP1. Por fim, a CP4 é composta pelas variáveis IE016 (tipo de sistema de drenagem) e IE031, que identifica a existência de cursos d'água naturais perenes dentro da zona urbana.

Assim como para a categoria Planejamento, avaliou-se as variáveis selecionadas para Infraestrutura e se constatou que nem todas são comparáveis, quando o objetivo é analisar os municípios brasileiros. Sendo assim, optou-se por remover da ACP as variáveis IE017, IE019 e IE024, que já são relacionadas pelos indicadores IN020 e IN021, sendo que o primeiro mede a taxa de cobertura de vias pavimentadas nas áreas urbanas e o segundo mede a cobertura das vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos, que compõem o sistema de drenagem urbana com o objetivo de captar as águas das chuvas e transportá-las até os pontos de lançamento. Da mesma forma, removeu-se da ACP as informações IE021 e IE022, que são relacionadas pelo indicador IN051, que mede a densidade total de captações de águas pluviais por quilômetro quadrado de área urbana. Com o objetivo de avaliar a densidade total de poços de visitas na área urbana do município, propôs-se a criação de um novo indicador que relaciona as informações IE023 e a GE002 (área urbana total), conforme apresentada na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Novo indicador de Infraestrutura criado para a ACP.

Indicador	Equação	Descrição	Observação
IND004 – Densidade de poços de visitas na área urbana	$\frac{IE023}{GE002}$  Unidade: unidade por quilômetro quadrado	IE023: Quantidade de poços de visita (PV) existentes no município GE002: Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas  Objetivo: Conhecer a densidade de poços de visitas na área urbana do município, uma vez que este componente do sistema de drenagem urbana tem como finalidade possibilitar o acesso de equipamentos para a limpeza e manutenção da rede.	Com o novo indicador, a variável IE023 será removida da ACP.

Com isso, a ACP para a categoria Infraestrutura foi realizada considerando 6 variáveis, sendo 2 informações e 4 indicadores, incluindo o novo indicador, IND004. A ACP retornou 3 componentes principais que explicam 64,0% da variabilidade dos dados, sendo 29,8% explicada pela primeira componente, 17,5% pela segunda e 16,7% pela terceira.

Com a rotação Varimax, a CP1 passa a ser composta pelos indicadores IN020, IN021 e IN051, que caracterizam o município em relação à impermeabilização das vias urbanas e às medidas de drenagem implementadas ao longo dessas vias. A CP2 se refere às informações IE016 e IE031, que buscam conhecer se existe sistema de drenagem implementado e se existem cursos d'água naturais perenes na área urbana do município, respectivamente. Por fim, a terceira componente é composta apenas pelo novo indicador criado, IND004, que avalia o sistema de drenagem implementado no município, assim como o indicador IN051.

Tabela 5.5 - Carregamentos (*loadings*) das componentes principais da categoria Infraestrutura.

Variável	Descrição	1	2	3
IN020	Taxa de cobertura de pavimentação e meio-fio na área urbana do município	0,753	-0,163	
IN021	Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana	0,727	0,256	
IN051	Densidade de captações de águas pluviais na área urbana	0,567	0,200	
IE031	Existem cursos d'água naturais perenes?		0,837	
IE016	Sistema de drenagem urbana - Tipo de sistema de drenagem urbana	0,290	0,700	
IND004	Densidade de poços de visitas na área urbana			0,994
<b>Variabilidade explicada = 64,0%</b>		<b>25,0%</b>	<b>22,2%</b>	<b>16,7%</b>

É importante destacar, que a informação IE031 se refere a um corpo de água fluente que possui fluxo o ano todo, ou pelo menos em 90% do ano, em canal bem definido na área urbana. Essa informação contribui para analisar casos de inundações, que afetam, principalmente, as populações ribeirinhas, o que não é o foco do presente estudo. No entanto,

frente à uma situação de inundação, caso o sistema de drenagem não seja adequado para suportar o volume de água oriundo de tal evento, é possível que ocorram casos de alagamentos em pontos da rede, o que pode ser um agravante para a vulnerabilidade a alagamentos do município.

Com o objetivo de analisar a situação de municípios que apresentam tais cursos d'água em suas áreas urbanas, fez-se uma nova ACP, considerando apenas os municípios que respondem "SIM" à informação IE031, o que habilita o preenchimento obrigatório das informações IE032, IE033, IE034, IE035 e IE036, que avaliam a extensão destes cursos d'água nas áreas urbanas e as intervenções realizadas, como a instalação de diques, canalização aberta e canalização fechada, bem como habilita, também, o cálculo dos indicadores IN026, IN027 e IN029, que apresentam o percentual dos cursos d'água com tais intervenções.

Antes da realização da ACP, analisou-se as informações com o objetivo de verificar se é possível utilizá-las, em sua forma "bruta", para comparar os municípios. Observou-se, portanto, que é necessário fazer adequações a alguns campos, com a criação de novos indicadores que possam caracterizar melhor os municípios. Os novos indicadores são apresentados na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Novos indicadores de Infraestrutura criados para a ACP, considerando as variáveis derivadas da informação IE031 = SIM.

Indicador	Equação	Descrição	Observação
IND005 – Parcela de cursos d'água naturais perenes em relação às vias públicas urbanas no município	$\frac{IE032}{IE017} * 100$ Unidade: percentual (%)	IE032: Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas. IE017: Extensão total de vias públicas urbanas do município.  Objetivo: Conhecer a extensão dos cursos d'água naturais perenes em relação à extensão total de vias urbanas no município.	-
IND006 – Parcela de cursos d'água naturais perenes com retificação	$\frac{IE036}{IE032} * 100$ Unidade: percentual (%)	IE036: Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com retificação em áreas urbanas. IE032: Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas.  Objetivo: Conhecer a extensão dos cursos d'água naturais perenes que sofreram processos de retificação, que tem como objetivo a alteração, total ou parcial, do traçado ou percurso original do curso d'água.	Com o novo indicador, a variável IE036 será removida da ACP.

Os indicadores IN026, IN027 e IN029 fazem a relação das informações IE034, IE035 e IE033, respectivamente, com a informação IE032, o que permite avaliar a extensão dos

cursos d'água naturais perenes com a implementação de intervenções ao longo desses cursos, a saber: canalização aberta, que consiste no percurso construído artificialmente, que conduz água a céu aberto para os locais de consumo e que pode aumentar a capacidade de escoamento dos cursos d'água naturais durante as enchentes; canalização fechada, que são canais artificiais fechados por superfície impermeável, como concreto, ou que são canalizados em tubulações, aduelas, gabiões, entre outras estruturas de concreto, metálicas ou de outro material; e diques, que são muros laterais de terra ou concreto, inclinados ou retos, construídos a certa distância das margens dos cursos d'água, que protegem as áreas ribeirinhas contra o extravasamento. Com isso, optou-se por não utilizar as informações IE032, IE033, IE034 e IE036 na ACP e considerar, apenas, os indicadores capazes de relacioná-las. Foi excluída da análise, também, a informação IE031, já que a base considera todos os municípios que responderam essa informação afirmativamente (1.701 municípios).

Ressalta-se que alguns municípios podem não ter seus indicadores calculados pelo sistema, em casos em que ocorreu finalização interna do preenchimento. Sendo assim, a nova ACP para a categoria Infraestrutura passa a considerar uma base de dados com amostra de estudo contendo 1.586 municípios, excluindo-se 115 municípios na situação de finalização interna, e 10 variáveis, sendo consideradas aquelas que foram analisadas na ACP anterior acrescidas dos indicadores IN026, IN027 e IN029, bem como os novos indicadores criados, IND005 e IND006.

Os resultados da ACP retornaram 4 componentes principais que somadas explicam 47,9% da variabilidade dos dados, sendo cerca de 16,0% explicado pela CP1, 11,8% pela CP2, 10,2% pela CP3 e 10,0% pela CP4. Após rotação Varimax, observou-se resultado similar a ACP anterior, conforme apresentado na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Carregamentos (*loadings*) das componentes principais da categoria Infraestrutura, considerando as variáveis derivadas da informação IE031 = Sim.

Variável	Descrição	1	2	3	4
IN021	Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana	<b>0,740</b>			
IN020	Taxa de cobertura de pavimentação e meio-fio na área urbana do município	<b>0,612</b>	-0,215		
IN051	Densidade de captações de águas pluviais na área urbana	<b>0,563</b>	0,158		
IE016	Sistema de drenagem urbana - Tipo de sistema de drenagem urbana	<b>0,502</b>	-0,120	0,184	-0,116
IN026	Parcela de cursos d'água naturais perenes com canalização aberta		<b>0,691</b>	0,119	
IN029	Parcela de cursos d'água naturais perenes com diques	-0,153	<b>0,672</b>	-0,189	

Continuação da Tabela 5.7					
Variável	Descrição	1	2	3	4
IN027	Parcela de cursos d'água naturais perenes com canalização fechada	<b>0,245</b>	<b>0,394</b>	0,270	-0,108
IND006	Parcela de cursos d'água naturais perenes com retificação		-0,169	<b>0,440</b>	-0,460
IND004	Densidade de poços de visitas na área urbana		-0,119	0,170	<b>0,848</b>
IND005	Parcela de cursos d'água naturais perenes em relação às vias públicas urbanas no município		-0,104	-0,765	-0,151
<b>Variabilidade explicada = 47,9%</b>		<b>15,8%</b>	<b>11,8%</b>	<b>10,3%</b>	<b>10,1%</b>

Os resultados da rotação Varimax mostram que a CP1 é composta pelas variáveis que descrevem o sistema de drenagem implantado no município. A CP2 é composta pelas variáveis que se referem às intervenções realizadas nos cursos d'água naturais perenes presentes nas áreas urbanas dos municípios. A CP3 apresenta uma única variável que descreve intervenções realizadas que alteram o traçado ou o percurso original do curso d'água. Por fim, a CP4 complementa a CP1, com uma variável que caracteriza o sistema de drenagem implementado. Observa-se que os dados apresentam uma variabilidade muito alta, o que indica a presença significativa de ruído nestes dados. Este é um fator que dificulta extrair resultados representativos de tais dados, uma vez que os mesmos deixam de apresentar uma correlação entre si.

### 5.2.3 - ACP - Gestão de Risco

Considerando a categoria **Gestão de Risco**, foi realizada a ACP para a base de dados com 2.553 municípios e 4 variáveis, sendo 3 informações e 1 indicador. Os resultados da ACP sugerem uma componente principal para essa categoria, que explica 44,1% da variabilidade dos dados. Realizou-se a rotação Varimax, considerando as 4 variáveis, e os resultados sugerem o uso de 3 componentes principais que, somadas, explicam 75,2% da variabilidade dos dados. Ainda com base nos resultados da Varimax, observou-se equilíbrio entre as variabilidades explicadas. Com isso, optou-se por adotar as 4 componentes principais, resultando em 100% de variabilidade explicada.

Neste caso, a CP1 é composta pela informação RI001, que busca saber se existem instituições de resposta a desastres referentes a problemas na drenagem e no manejo das águas pluviais urbanas. A CP2 é composta pelo indicador IN040, que avalia a quantidade de domicílios sujeitos ao risco de inundação em relação à quantidade de domicílios urbanos do município. Ressalta-se que este indicador não considera todos os imóveis do município,



apenas as unidades residenciais. No entanto, o SNIS-AP não coleta informações de imóveis sujeitos a risco de inundação, o que impede a análise desta parcela por meio da criação de um novo indicador.

Por fim, a CP3 é composta pela variável RI005, que descreve a implementação de sistema de alerta de risco hidrológico e a CP4 é composta pela variável RI009, que se refere à realização do mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos, sendo, ambas, instrumentos que contribuem para a prevenção de eventos hidrológicos impactantes.

Tabela 5.8 - Carregamentos (*loadings*) das componentes principais da categoria Gestão de Risco.

Variável	Descrição	1	2	3	4
<b>RI001</b>	Referente a gestão de riscos e resposta a desastres referentes a problemas com a DMAPU, quais das instituições existem no município	<b>0,987</b>			0,130
<b>IN040</b>	Parcela de domicílios em situação de risco de inundação		<b>0,990</b>		0,110
<b>RI005</b>	Existem sistemas de alerta de riscos hidrológicos (alagamentos, enxurradas, inundações)?			<b>0,970</b>	0,210
<b>RI009</b>	Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos?	0,141	0,120	0,217	<b>0,958</b>
<b>Variabilidade explicada = 100,0%</b>		<b>25,1%</b>	<b>25,1%</b>	<b>25,0%</b>	<b>24,8%</b>

#### 5.2.4 - ACP - Drenagem sustentável e Manutenção

Para a categoria **Drenagem Sustentável e Manutenção** são consideradas apenas duas variáveis, a saber: IE043, que identifica se existem parques lineares no município, sendo essas intervenções com a finalidade, dentre outras, de aumentar a área de várzea dos rios, ampliando as zonas de inundação e, conseqüentemente, reduzindo a vazão da água à sua jusante durante as enchentes; e a informação OP001, que identifica se foram realizadas intervenções ou manutenções no sistema de DMAPU ou nos cursos d'água da área urbana do município.

O SNIS-AP ainda questiona quanto à existência de vias públicas urbanas com soluções de drenagem natural (faixas ou valas de infiltração) – IE027 – e em relação à existência de tratamento das águas pluviais (IE050), cujas opções de resposta incluem barragens, reservatórios de qualidade, reservatório de amortecimento, gradeamento e desarenação, decantação e/ou floculação, desinfecção química, entre outras que podem ser especificadas pelo município, além da opção de que não existe tratamento. No entanto, essas duas informações não são de preenchimento obrigatório e, portanto, não foram consideradas na ACP para a categoria de Drenagem Sustentável e Manutenção.

Como essa categoria pode ser considerada atenuante para a vulnerabilidade urbana a alagamentos, realizou-se a ACP considerando apenas as duas variáveis (IE043 e OP001) com o único objetivo de se obter os *loadings* e escores destas variáveis, para, posteriormente, realizar a definição do índice. A ACP retornou uma componente principal que explica 56,9% da variabilidade dos dados e, após rotação Varimax, os carregamentos de ambas as variáveis assumiu o valor de 0,754.

A partir desse ponto é possível realizar a definição de Índices de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos, categorizados de acordo com o Planejamento, a Infraestrutura, a Gestão de Risco e a Drenagem Sustentável e Manutenção. Após a definição de cada índice, avaliou-se a possibilidade de união dos resultados, de modo a se obter um Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos.

### 5.3 - ÍNDICE DE VULNERABILIDADE URBANA A ALAGAMENTOS

A definição do índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos foi realizada por meio dos resultados da Análise de Componentes Principais, considerando as quatro categorias definidas para as variáveis. Para tanto, aplicou-se duas metodologias distintas para a obtenção do índice:

- i) **Por classes descritivas:** consistiu em analisar cada componente principal de cada uma das categorias definidas e classificá-las de acordo com a tipologia de informações que as variáveis que a compõem descrevem.
- ii) **Por classificação numérica:** nesta metodologia, a obtenção do índice de vulnerabilidade urbana se deu por meio do somatório das componentes principais, para cada uma das categorias, atribuindo-se pesos iguais a 1 para cada componente. Para este somatório, considerou-se o escore das componentes nos municípios da amostra.

Foi necessário, também, analisar a classe da componente, de modo a identificar se seria agravante ou atenuante para a vulnerabilidade. A exemplo disso, cita-se a categoria Planejamento, cujas classes 1 e 3, caracterização urbana e geral do município, respectivamente, são consideradas agravantes, e a classe 2, instrumentos de planejamento e gestão, é considerada atenuante, uma vez que a implementação dos instrumentos contribui para a redução da vulnerabilidade no município.

Ressalta-se que as componentes podem assumir escores tanto positivos quanto negativos. No caso da categoria Planejamento, o escore positivo nas classes 1 e 3 indica que o município apresenta um alto índice de impermeabilização do solo e pode ter sido classificado como município crítico; o sinal negativo indica a situação contrária, na qual os municípios são menos urbanizados. Para a classe 2, o sinal positivo indica que o município implementa os instrumentos de planejamento e gestão, contribuindo para a redução da vulnerabilidade do município; o sinal contrário indica a não adoção destes instrumentos, o que resulta no aumento da vulnerabilidade.

Inicialmente, serão apresentados os resultados por classes para cada categoria, separadamente. Em seguida os resultados do índice definido por meio da metodologia numérica serão apresentados.

### **5.3.1 - Índice de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos por classes**

#### **5.3.1.1 - Categoria Planejamento**

Para a categoria Planejamento, a ACP retornou 3 componentes principais. Analisando a composição de cada componente, observou-se que elas poderiam ser classificadas de acordo com a tipologia descritiva das variáveis. Sendo assim, assumiu-se que a primeira componente se relaciona com a caracterização urbana do município, cujas variáveis que a compõe contribuem para a descrição do índice de impermeabilização. A segunda componente se refere aos instrumentos de planejamento e gestão dos serviços de DMAPU adotados pelo município e a terceira descreve a caracterização geral do município, considerando aspectos de urbanização e se é considerado crítico ou não.

Com isso, definiram-se 3 classes para a categoria Planejamento, a saber: i) caracterização urbana; ii) instrumentos de planejamento e gestão; e, iii) caracterização geral do município. A definição do índice para cada uma dessas classes é dada por meio dos valores de escores normalizados resultantes da ACP, enquanto que a classificação do município em uma escala de vulnerabilidade é realizada de acordo com a Tabela 4.4, apresentada anteriormente. A Figura 5.4 apresenta a representação espacial dos municípios da amostra de estudo segundo a sua classificação de vulnerabilidade para a classe 1, caracterização urbana.

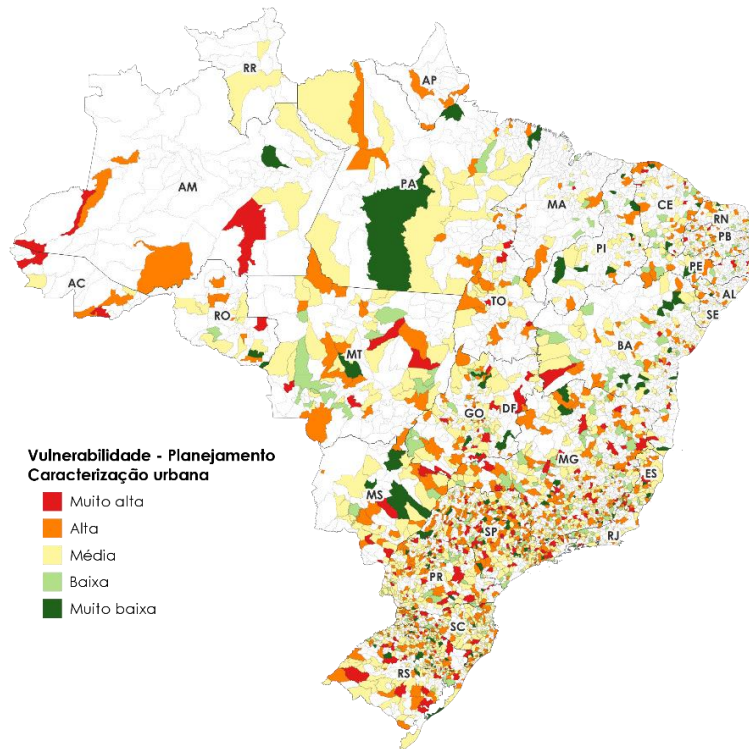


Figura 5.4 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Planejamento - Caracterização urbana.

Para a classe 1, caracterização urbana, identificou-se 216 municípios com muito alta vulnerabilidade, dentre os quais, 3 são capitais de estados brasileiros. Com alta vulnerabilidade, têm-se 680 municípios, sendo 4 capitais classificadas nessa situação. No que se refere aos municípios com média vulnerabilidade, têm-se 1.237 municípios, sendo 14 capitais de estados brasileiros. Com baixa vulnerabilidade, identificou-se 280 municípios (4 capitais) e com muito baixa vulnerabilidade, têm-se 140 municípios, dos quais apenas 1 é capital de estado.

Os municípios classificados com muito baixa ou baixa vulnerabilidade apresentam densidade demográfica variando de 1 habitante por km<sup>2</sup> até cerca de 7 mil habitantes por km<sup>2</sup> (69,0 hab./ha). A densidade de imóveis nas áreas urbanas, incluindo os do tipo “domicílios”, apresenta variação de 1 unidade/km<sup>2</sup> a cerca de 3 mil unidades/km<sup>2</sup>. Embora sejam identificados municípios com altos valores de densidade, o que poderia indicar um alto índice de impermeabilização do solo, observa-se que apenas cerca de 15% destes municípios possuem mais de 40% de sua área total considerada urbana, ou seja, a alta densidade se dá devido ao fato de ser considerada uma pequena parcela de área urbana. Dentre os 172 municípios com densidade demográfica superior a 1.000 hab./km<sup>2</sup>, 141

(82,0%) apresentam menos de 20% de área urbana, o que justifica as altas densidades observadas nestas categorias de vulnerabilidade. Nesse caso, as pequenas parcelas de área urbana em relação à área total dos municípios podem apontar para um menor índice de impermeabilização do solo, considerando uma maior parcela de área rural, o que influencia diretamente no comportamento do escoamento superficial desses municípios frente a eventos hidrológicos impactantes.

Municípios classificados com alta e muito alta vulnerabilidade se concentram na macrorregião Sudeste, destacando-se os estados de São Paulo e Minas Gerais, que, juntos, representam 91,8% dos municípios classificados nestas categorias. Nos 896 municípios com alta ou muito alta vulnerabilidade, a densidade demográfica da área urbana varia de 1 hab./km<sup>2</sup> a mais de 5 mil hab./km<sup>2</sup>, destacando-se 402 municípios (44,9%) que apresentam densidade demográfica de mais de 1.000 hab./km<sup>2</sup>, e a densidade de imóveis, incluindo os do tipo “domicílios”, varia de 1 unid./km<sup>2</sup> a cerca 3,2 mil unid./km<sup>2</sup>. Observa-se que, dentre os municípios com esses níveis de vulnerabilidade, apenas 114 apresentam mais de 50% de sua área total considerada urbana, com mais de 40% da população vivendo nestas áreas, ou seja, a maior parcela de municípios com estes níveis de vulnerabilidade se refere a aqueles que apresentam altas densidades demográficas devido à baixa parcela de área urbana do município.

A maior parte dos municípios da amostra (1.237) são classificados com média vulnerabilidade, dentre os quais, destacam-se 1.073 (87,4%) que apresentam menos de 50% da área total do município considerada urbana. Foram identificadas densidade demográfica urbana variando de 1 hab./km<sup>2</sup> até cerca de 20,5 mil hab./km<sup>2</sup>, bem como densidade de imóveis, incluindo os do tipo “domicílios”, variando de 0,3 unid./km<sup>2</sup> até 19 mil unid./km<sup>2</sup>, o que indica a presença de municípios com os maiores valores de densidades classificados com média vulnerabilidade. Observa-se a presença de 12 municípios com densidade demográfica acima de 10 mil hab./km<sup>2</sup>, destes, 3 apresentam área urbana menor que 1% da área total do município; os demais variam de 35% a 100% de área urbana, destacando-se as capitais Rio de Janeiro/RJ e São Paulo/SP, com mais de 6 milhões de habitantes, considerados municípios com altas taxas de urbanização e, conseqüentemente, altos índices de impermeabilização do solo.

No que se refere à caracterização urbana, esperava-se que municípios com maiores densidades demográficas e de imóveis apresentassem alta ou muito alta vulnerabilidade,

devido ao alto índice de impermeabilização do solo. No entanto, a maior parte dos municípios da amostra apresenta menos de 40% de sua área total considerada como urbana, o que reduz a porção impermeabilizada de seu território. Além disso, é importante destacar que a maior parte dos municípios da amostra, mais de 70%, são considerados de pequeno porte, com até 30 mil habitantes, que tendem a apresentar uma menor parcela de área urbana.

Considerando apenas as densidades demográficas e de imóveis na área urbana dos municípios analisados, a presente metodologia identifica a maior parte da amostra com média vulnerabilidade, considerando, inclusive, as grandes capitais de estados nessa categoria, o que destoava do esperado, uma vez que as capitais tendem a ser regiões de alta urbanização, indicando um alto índice de impermeabilização do solo. No entanto, observa-se que a área urbana das capitais brasileiras varia de 2% a 100%, com apenas 11 capitais com mais de 80% de seu território considerado como urbano, ou seja, até as grandes capitais apresentam parcelas significativas de áreas rurais, que tendem a ser menos impermeabilizadas, sendo esse um fator que influencia no comportamento do escoamento superficial e, conseqüentemente, na vulnerabilidade desses municípios frente a eventos hidrológicos impactantes, como os alagamentos.

Embora a maioria dos municípios da amostra apresentem grande parcela de seu território considerada área rural, observa-se que o que é classificado como área urbana apresenta alta densidade demográfica e de imóveis, incluindo os domicílios. Ou seja, a área urbana desses municípios apresenta elevados índices de impermeabilização e, conseqüentemente, podem apresentar significativas alterações no escoamento superficial. Esse cenário pode indicar que a área urbana do município possui uma maior vulnerabilidade a alagamentos em comparação com o seu território total.

Para a classe 2 da categoria Planejamento, instrumentos de planejamento e gestão, identificam-se 240 municípios com muito baixa vulnerabilidade, 530 com baixa vulnerabilidade, 1.175 com média vulnerabilidade, 448 com alta vulnerabilidade, e 160 municípios com muito alta vulnerabilidade. A representação espacial desses municípios é apresentada na Figura 5.5.

Analisando os dados de cada variável dessa categoria, observa-se que, dos 216 municípios que afirmam implementar os 4 instrumentos de planejamento e gestão, 122 (56,5%) são classificados com baixa ou muito baixa vulnerabilidade, o que pode ser considerado coerente, uma vez que se espera que a adoção de tais instrumentos contribua para a redução

da vulnerabilidade do município. Ressalta-se que os demais municípios que implementam os 4 instrumentos são distribuídos nas demais faixas de vulnerabilidade. Dentre os municípios que informam não adotar nenhum dos instrumentos de planejamento e gestão (1.187), 836 (70,4%) são classificados com média, alta ou muito alta vulnerabilidade. Os demais municípios da amostra apresentam pelo menos um dos instrumentos implementados, sendo observado que a associação desses instrumentos contribui para a redução da vulnerabilidade, ou seja, a implementação conjunta de dois ou mais instrumentos reduz a vulnerabilidade dos municípios.

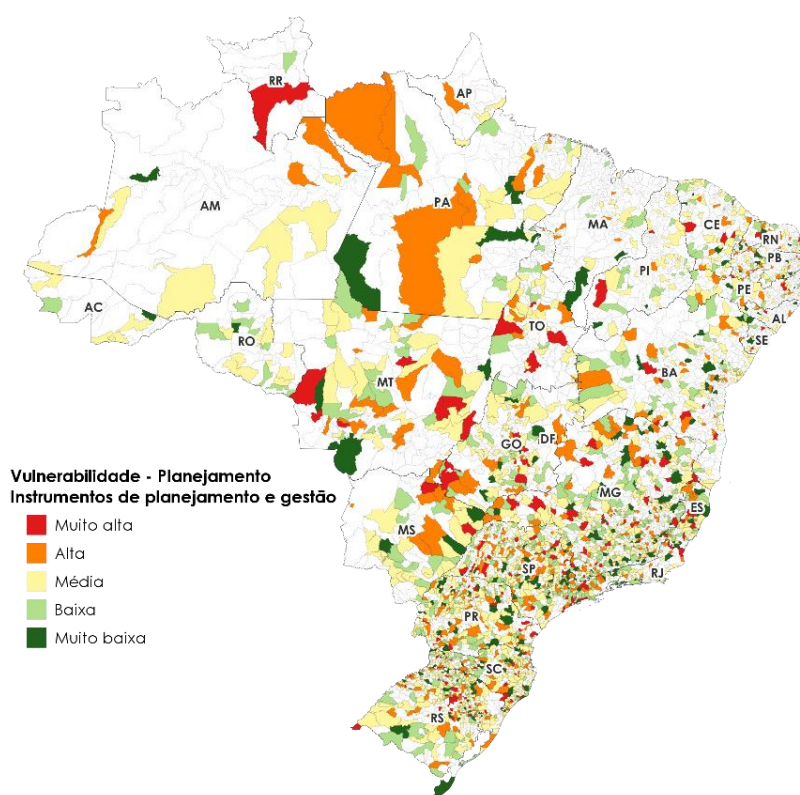


Figura 5.5 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Planejamento - Instrumentos de planejamento e gestão.

Considerando os 608 municípios com alta ou muito alta vulnerabilidade, observa-se que a maior parte se encontra nas macrorregiões Sudeste e Sul (70,7%). Destaca-se, ainda, que mais de 75% dos municípios nessas condições de vulnerabilidade estão na faixa populacional 1, de até 30 mil habitantes, o que pode indicar uma deficiência na gestão dos serviços de DMAPU em municípios considerados de pequeno porte. Os municípios de maior porte (4), com população acima de 1 milhão de habitantes, com alta ou muito alta

vulnerabilidade são capitais de UFs das macrorregiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste.

Nota-se na análise da classe de instrumentos de planejamento e gestão, a presença de 17 municípios com muito alta vulnerabilidade e que afirmam implementar os 4 instrumentos avaliados. Dentre tais municípios, destacam-se as capitais Natal/RN e Belo Horizonte/MG, que podem ser classificadas como capitais urbanas, considerando que 100% de seu território é área urbana e toda a sua população vive nessas áreas. Os demais municípios apresentam pelo menos 50% de seus habitantes alocados em áreas urbanas, no entanto, tais áreas correspondem a menos de 60% do território total do município. A partir desses resultados, é possível observar que em determinados municípios, a implementação desses instrumentos de planejamento e gestão pouco contribuem para a redução da vulnerabilidade do município, sendo necessário, talvez, associá-los a outros instrumentos e medidas para a redução do índice.

Por fim, para a classe 3, caracterização geral do município (Figura 5.6), identificou-se 270 municípios (4 capitais) com muito alta vulnerabilidade, 750 (5 capitais) com alta vulnerabilidade, 995 (7 capitais) com média vulnerabilidade, 330 (1 capital) com baixa vulnerabilidade e 208 municípios (9 capitais) com muito baixa vulnerabilidade.

Dentre os 1.020 municípios classificados com alta e muito alta vulnerabilidade, destaca-se que 283 são classificados como municípios críticos, o que representa 42,6% dos municípios críticos participantes da amostra. Dos municípios da amostra com mais de 90% da área urbana em relação à área total, 80,4% são classificados com alta ou muito alta vulnerabilidade.

Analisando os municípios classificados com baixa ou muito baixa vulnerabilidade (538 municípios), identifica-se que 150 (22,6%) são classificados como críticos. Observa-se, também, que 472 municípios (87,7%) nessas condições de vulnerabilidade apresentam a parcela de área urbana em relação à total de no máximo 40%, o que indica que tais municípios possuem a maior parte de seu território composto por áreas rurais, menos impermeabilizadas. Destaca-se, ainda, que 382 municípios (71,0%) com baixa ou muito baixa vulnerabilidade têm a população de até 30 mil habitantes, sendo considerados como municípios de pequeno porte. Estes são fatores que podem reduzir a vulnerabilidade dos municípios a alagamentos, uma vez que indicam um baixo índice de impermeabilização do solo.



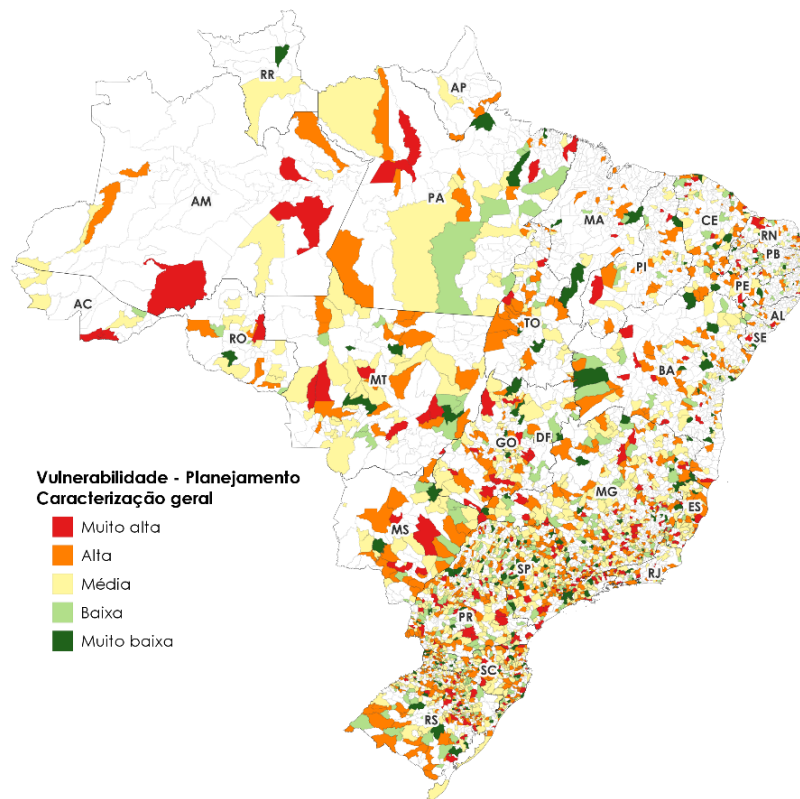


Figura 5.6 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Planejamento - Caracterização geral dos municípios.

### 5.3.1.2 - Categoria Infraestrutura

Como apresentado anteriormente, a ACP retornou para a categoria Infraestrutura 3 componentes principais. Analisando as componentes, observa-se que elas descrevem o sistema de drenagem implementado no município, sendo a CP1 referente à caracterização da rede de drenagem, a CP2 caracteriza o sistema de drenagem, propriamente dito, e a CP3, caracteriza as infraestruturas de suporte à manutenção da rede de drenagem.

Com isso, assim como para a categoria Planejamento, atribui-se a cada componente uma classe para a análise dos índices de vulnerabilidade urbana a alagamentos, a saber: i) caracterização da rede de drenagem; ii) caracterização do sistema de drenagem; e, iii) caracterização das infraestruturas de suporte.

Para a classe 1, caracterização da rede de drenagem, cuja representação espacial é apresentada na Figura 5.7, identificou-se 210 municípios (2 capitais) com muito baixa vulnerabilidade, seguido de 715 municípios (3 capitais) com baixa vulnerabilidade. Com média vulnerabilidade, têm-se 1.024 municípios, dentre os quais, 18 são capitais de UFs.

Com alta vulnerabilidade, observa-se 408 municípios (3 capitais) e com muito alta vulnerabilidade, 196 municípios (2 capitais).

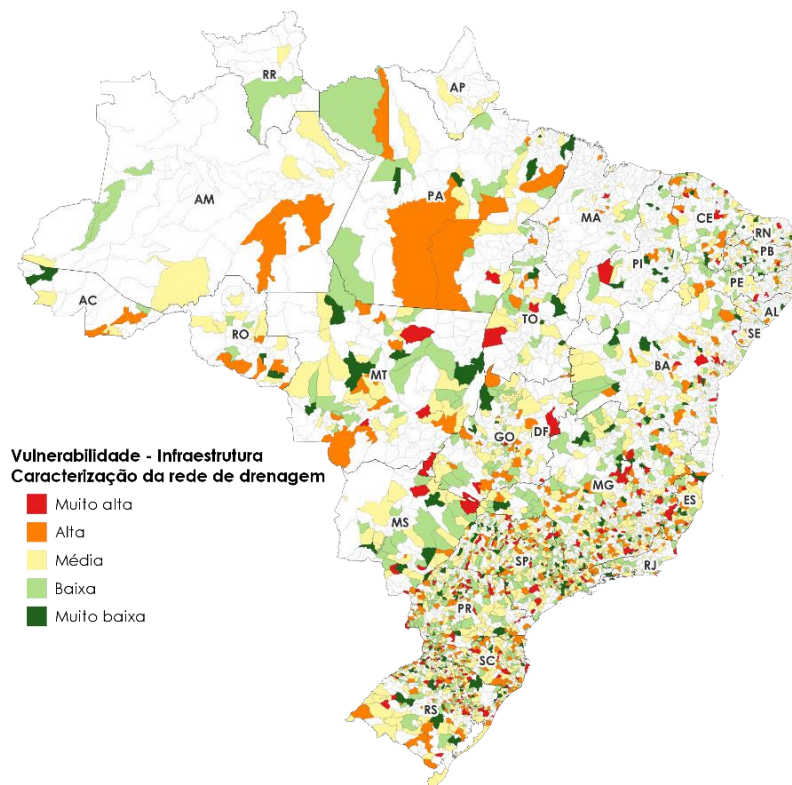


Figura 5.7 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Infraestrutura - Caracterização da rede de drenagem.

Os municípios identificados com alta e muito alta vulnerabilidade (604 municípios) se concentram nas macrorregiões Sudeste e Sul (73,0%). Observa-se que a taxa de cobertura de pavimentação e meio-fio das vias urbanas em cerca de 95% desses municípios é de no mínimo 30%, sendo que a maior parte dos municípios apresenta mais de 70% das vias urbanas pavimentadas e com meio-fio, o que indica altas taxas de cobertura impermeável nessas zonas. Isso poderia indicar um alto índice de impermeabilização do território do município, no entanto, identificou-se mais de 90% dos municípios com condições de alta e muito alta vulnerabilidade com menos de 50% da área total urbanizada, ou seja, embora apresentem altas taxas de pavimentação, a maior porção territorial desses municípios pode ser classificada como zona rural, resultando em menor impermeabilização do solo.

Nota-se também que todos os municípios com alta e muito alta vulnerabilidade têm um sistema de drenagem implementado, no entanto, é possível identificar, em alguns deles, a baixa taxa de cobertura de vias urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos, que são responsáveis por captar e transportar as águas da chuva para os pontos de lançamento. Identificam-se, também, 56 municípios (9,3%) com a densidade de captações de águas pluviais abaixo do que é recomendado, tomando como base a referência de instalação de captações espaçadas entre si, no máximo, em 60 metros (ADASA, 2018; SUDERHSA, 2002).

Em relação aos municípios com média vulnerabilidade, observa-se que 946 têm sistema de drenagem implementado, as taxas de pavimentação de vias urbanas são superiores a 20% em mais de 95% dos municípios e cerca de 85% apresentam densidade de captações de águas pluviais dentro do que é recomendado.

Com baixa ou muito baixa vulnerabilidade, tem-se 925 municípios. Desses, 653 apresentam mais de 70% das vias urbanas com pavimentação e meio-fio, no entanto, 582 (89,1%) não possuem mais de 50% de seu território considerado área urbana, o que pode indicar um menor índice de impermeabilização do município. Identificou-se, também, 189 municípios sem a implementação de sistemas de drenagem urbana, no entanto, 65,6% apresentam mais de 50% de suas vias urbanas com pavimentos e meio-fio. Dentre tais municípios, destacam-se, ainda, 111 que pertencem ao Semiárido brasileiro, região caracterizada pelo baixo índice pluviométrico, déficit hídrico diário acima de 60% e índice de aridez inferior a 0,5, sendo esse o índice que estima a evapotranspiração potencial pelo método de *Thornthwaite* (Sales *et al.*, 2021). Considerando os municípios que informam ter sistemas de drenagem implementado, 8,3% apresentam densidades de captações inferiores ao que é recomendado.

Destaca-se, ainda, que, dentre os municípios com baixa ou muito baixa vulnerabilidade, 13 apresentam 100% das vias urbanas com pavimentação e meio-fio, no entanto, não há registros de implementação de redes ou canais subterrâneos e nem de captações para as águas pluviais, embora todos informem ter algum tipo de sistema de drenagem implementado. Este recorte pode indicar uma inconsistência nos dados do SNIS-AP, uma vez que, ao informar ter sistema de drenagem implementado, o município deveria informar, também, as infraestruturas que o compõem.

O que se observa, a partir da análise dos dados de infraestrutura do SNIS-AP, é que eles apresentam uma certa inconsistência. Se um município indica que possui um sistema de

drenagem implementado, espera-se que exista uma taxa de cobertura com rede ou canais subterrâneos de águas pluviais, bem como a implantação de captações e poços de visitas ao longo da rede existente. No entanto, o SNIS permite, para os municípios que informam ter um sistema de drenagem implementado, a inserção de dados acerca da implantação dessas infraestruturas iguais a zero. Outro ponto similar identificado é em relação aos municípios que informam não possuir sistema de drenagem implementado, mas que inserem dados acerca da extensão de rede ou canais de águas pluviais, bem como o número de unidades de captações e de poços de visitas, sendo esses elementos que compõem um sistema de drenagem urbano. Era de se esperar que tais campos fossem impedidos de serem preenchidos no momento em que o município indica não ter sistema implementado. Identificou-se, também, municípios que afirmam não possuírem vias urbanas com pavimentos e meio-fio, mas indicam a implementação de infraestruturas de drenagem no município. Tais resultados apontam para a existência de inconsistências nos dados informados ao SNIS-AP, bem como a necessidade de aprimoramento nos avisos e erros emitidos pelo sistema no momento do preenchimento e nas análises realizadas pela equipe técnica.

Em relação à classe 2, caracterização do sistema de drenagem (Figura 5.8), identificou-se 270 municípios com muito baixa vulnerabilidade, 618 com baixa vulnerabilidade, 1.085 com média vulnerabilidade, 440 com alta vulnerabilidade e 140 municípios com muito alta vulnerabilidade.

Observa-se que, dos municípios classificados com baixa ou muito baixa vulnerabilidade (888 municípios), 766 afirmam possuir sistema de drenagem implementado. Excluindo desse grupo os municípios que afirmam ter sistema implementado, mas não informam a extensão de vias com redes ou canais de águas pluviais e nem o número de captações de águas pluviais, ou que não informam a extensão de rede, mas informam a quantidade de captações, o número desses municípios reduz para 702, uma redução de cerca de 10% devido às inconsistências nos dados do SNIS-AP.

Dentre os municípios com baixa ou muito baixa vulnerabilidade, 554 afirmam possuir cursos d'água naturais perenes dentro da zona urbana, desses, 29 informam não possuírem sistema de drenagem urbana implementado. Observa-se, ainda, que a maior parte dos municípios que possuem cursos d'água (87,4%), apresentam menos de 50% de sua área total considerada urbana.

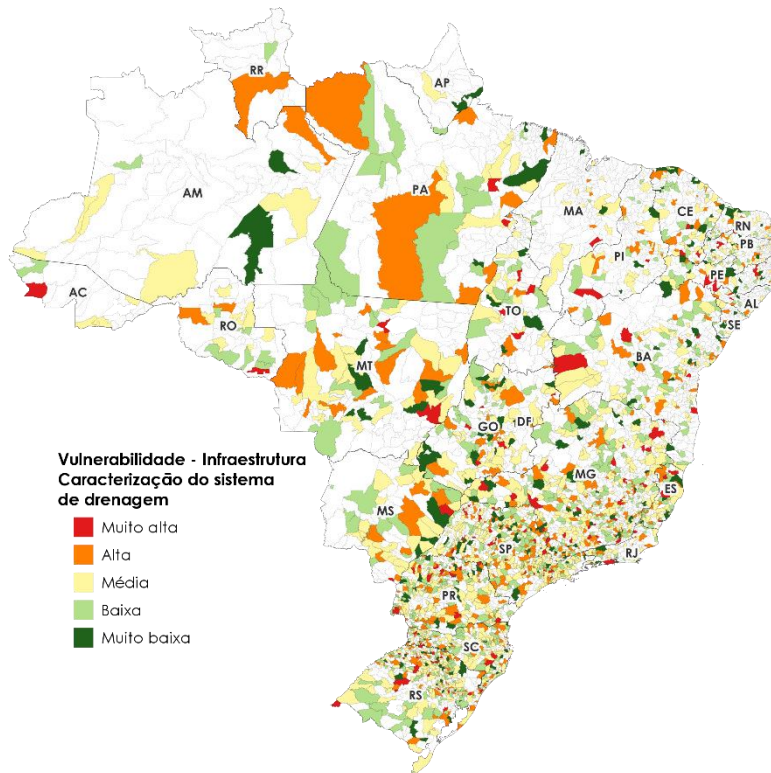


Figura 5.8 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Infraestrutura - Caracterização do sistema de drenagem.

Dentre os municípios classificados com média vulnerabilidade, 997 informam ter sistemas de drenagem implementado. Considerando aqueles que afirmam não possuir sistema, mas que informam dados de extensão de rede ou de canais de águas pluviais, bem como a quantidade de captações de águas pluviais, este valor aumenta para 1.010 municípios. Identificou-se, também, 725 municípios com cursos d'água naturais perenes em suas zonas urbanas, dentre os quais 706 afirmam possuir sistemas de drenagem implementado. Nota-se, ainda, que 88,4% dos municípios com média vulnerabilidade apresentam menos de 50% de seu território classificado como urbano.

Observa-se que os municípios classificados com muito baixa, baixa ou média vulnerabilidade tem a maior parte de seu território composto por zonas rurais. Tais municípios se concentram nas macrorregiões Sudeste e Sul e a grande maioria apresenta população de até 30 mil habitantes, indicando municípios de pequeno porte com baixos índices de impermeabilização dos solos.

Ainda para essa classe, identificou-se 575 municípios com alta ou muito alta vulnerabilidade, dentre os quais 518 informam ter sistemas de drenagem implementados. Analisando os

dados brutos, observa-se que, dos municípios que afirmam não possuírem sistema de drenagem, 6 informam taxa de cobertura com rede ou canais subterrâneos de águas pluviais, bem como o número de unidades de captações. Os cursos d'água naturais perenes estão presentes nas zonas urbanas de 385 municípios com alta ou muito alta vulnerabilidade, dos quais 18 não possuem sistema de drenagem implementado.

De modo geral, a maior parte dos municípios da amostra informam apresentar sistemas de drenagem implementados, incluindo aqueles que possuem cursos d'água naturais perenes em suas zonas urbanas, o que contribui para a redução da vulnerabilidade dos municípios da amostra, uma vez que mais de 75% são classificados com muito baixa, baixa ou média vulnerabilidade. É importante destacar que os dados referentes à existência de sistemas de drenagem apresentam inconsistências em 382 municípios, considerando que tais municípios informam ter sistema implementado, mas não informam a extensão das vias com redes ou canais de águas pluviais nem a quantidade de unidades de captações existentes.

Por fim, analisou-se a classe 3 da categoria Infraestrutura, caracterização das infraestruturas de suporte, composta pelo indicador proposto, que calcula a densidade de poços de visitas na área urbana em unidades por quilômetro quadrado, sendo essa uma infraestrutura de drenagem que permite a inspeção e limpeza da rede.

Foram identificados 310 municípios com muito baixa vulnerabilidade, 403 com baixa vulnerabilidade, 682 com média vulnerabilidade, 310 com alta vulnerabilidade e 848 com muito alta vulnerabilidade. A representação espacial desses municípios é apresentada na Figura 5.9.

Analisando os dados, identificou-se 747 municípios com a densidade de PVs na área urbana igual a 0. Dentre esses municípios, 518 afirmam possuir sistema de drenagem implementado, o que indica que, embora grande parte dos municípios tenham sistemas implementados, a ausência de infraestruturas de manutenção pode contribuir para o aumento de deficiências no sistema, que, conseqüentemente, pode resultar no aumento da vulnerabilidade do município em relação aos eventos de alagamentos. Além disso, ressalta-se que a implementação de PVs é uma necessidade dos sistemas de drenagem e a sua não instalação deixa de atender ao que é recomendado por órgãos competentes no que se refere à drenagem e ao manejo das águas pluviais urbanas. Considerando os municípios que apresentam densidade de PVs diferente de 0, observa-se que 38 afirmam não possuir sistema de drenagem implementado, exemplificando uma inconsistência nos dados do SNIS-AP.

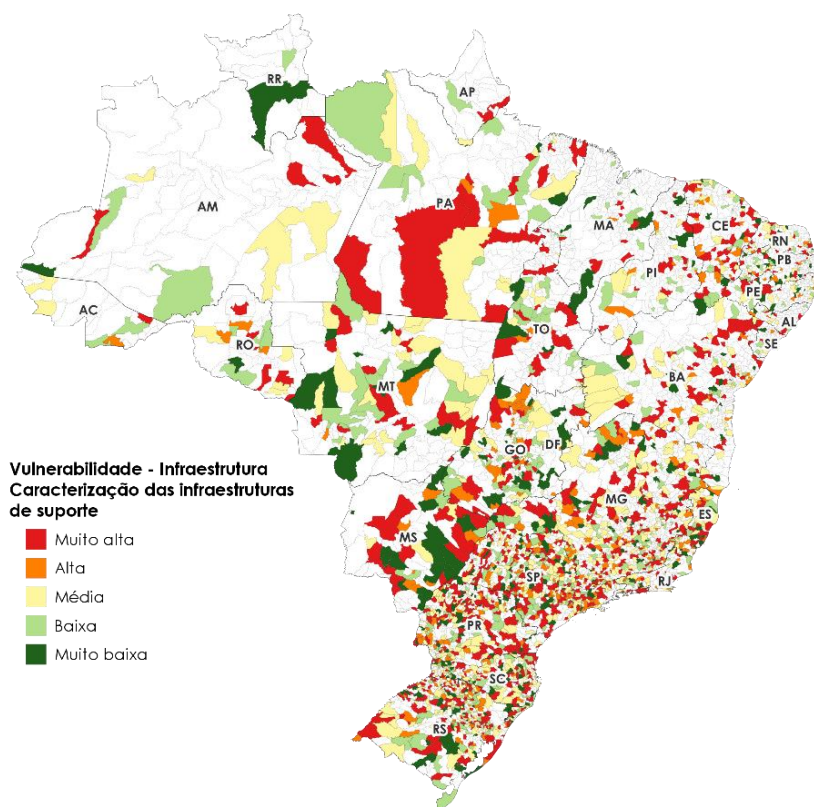


Figura 5.9 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Infraestrutura - Caracterização das infraestruturas de suporte.

Dentre os municípios classificados com alta ou muito alta vulnerabilidade (1.158), observa-se que 348 não possuem PVs instalados na área urbana e 545 tem a implementação em uma quantidade abaixo do que é recomendado, tomando como referência a instalação de poços de visitas espaçados entre si, no máximo, em 60 metros (ADASA, 2018; SUDERHSA, 2002). Os demais municípios atendem às recomendações, no entanto, é possível observar que o número de PVs informados são consideravelmente elevados e, conseqüentemente, as densidades assumem valores extremos. A exemplo desta situação, cita-se um município que, de acordo com o recomendado, precisaria de cerca de 20 PVs por km<sup>2</sup>, mas a densidade de PVs calculada retornou o total de cerca de 8,1 mil PVs por km<sup>2</sup>. No caso deste município, são informadas 2,4 milhões de unidades de poços de visitas instalados na área urbana. Considerando que o município apresenta menos de 40% de sua área urbanizada e que a taxa de cobertura com pavimento e meio-fio é de menos de 25%, bem como a taxa de cobertura com redes ou canais de águas pluviais, pode-se afirmar que tais dados são inconsistentes e seria necessária sua reavaliação por parte da equipe técnica do SNIS-AP.



Situação similar é observada em outro município, classificado com muito alta vulnerabilidade, em que é declarada a quantidade de 8,5 milhões de unidades de PVs, resultando em uma densidade de 706,3 mil PVs por km<sup>2</sup>, em um município com menos de 5% da área total considerada urbana (12 km<sup>2</sup>) e taxa de cobertura com rede ou canais de águas pluviais igual a 8%.

A partir da análise dos dados do SNIS-AP referentes à infraestrutura, é possível observar que os mesmos apresentam significativas inconsistências, principalmente no que se refere à declaração do município quanto a existência ou não de um sistema de drenagem urbana. Observa-se que o sistema permite a inserção de dados referentes à infraestrutura de drenagem mesmo quando o município afirma não possuir sistema implementado. Em outros casos, identifica-se a ausência de dados quando o município tem sistema implementado, o que dificulta a análise da adequabilidade do sistema de drenagem existente e, conseqüentemente, dos fatores que poderiam contribuir para o aumento ou a redução da vulnerabilidade a alagamentos nestes municípios.

É importante destacar que as densidades de captações de águas pluviais e de poços de visitas são calculadas em relação à toda a área urbana do município, no entanto, observa-se que a maior parte dos municípios não apresenta 100% tanto da taxa de cobertura de vias urbanas com pavimentos e meio-fio quanto da taxa de vias urbanas com redes ou canais subterrâneos de águas pluviais. Entende-se que as infraestruturas de drenagem, como captações e PVs, devam ser instaladas ao longo da rede de drenagem, portanto o cálculo do indicador com referência à área urbana do município pode resultar em informações destoantes da realidade do município.

#### 5.3.1.3 - Categoria Gestão de Risco

Para a categoria Gestão de Risco foram definidas 4 componentes principais, cada uma composta por uma variável do SNIS-AP. Assim, definiu-se 4 classes de análise para a categoria gestão de risco, a saber: i) resposta a desastres; ii) domicílios em situação de risco de inundação; iii) sistemas de alerta de riscos hidrológicos; e iv) mapeamento de riscos de inundação. Ressalta-se que, quando necessário, foram invertidas as classificações de vulnerabilidade, multiplicando os valores de escores normalizados por -1, de modo a se obter a melhor interpretação dos resultados (Cutter *et al.*, 2003; Dunning; Durden, 2013).



Considerando a primeira classe, resposta a desastres, cuja representação espacial da classificação de vulnerabilidade é apresentada na Figura 5.10, o SNIS-AP identifica 2.103 municípios (82,4%) que informam possuir alguma instituição de resposta a desastres referentes a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas.

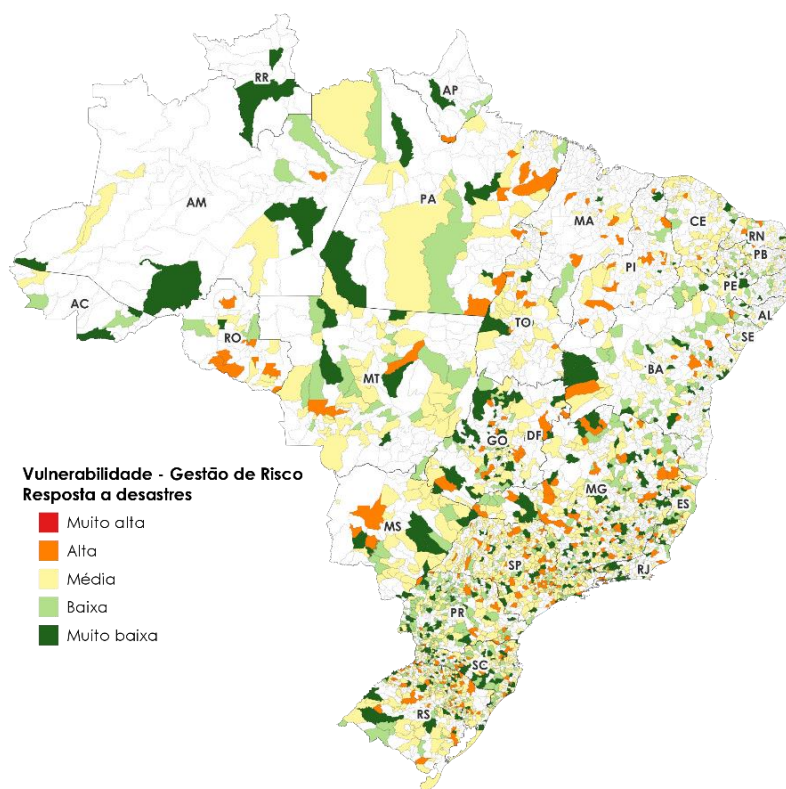


Figura 5.10 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Gestão de Risco - Resposta a desastres.

A partir dos resultados da ACP, após a inversão da classificação de vulnerabilidade, observa-se 928 municípios com baixa ou muito baixa vulnerabilidade, dentre os quais, 792 informam possuírem alguma instituição de resposta atuando no município, com maior parcela localizada na macrorregião Sul. Os demais municípios (136) com esses níveis de vulnerabilidade afirmam não possuírem instituições de resposta a desastres, com maioria localizada na macrorregião Centro-Oeste.

Foram identificados 1.320 municípios com média vulnerabilidade, dentre os quais 246 não possuem instituições de resposta a desastres. São identificados, ainda, 305 municípios com

alta vulnerabilidade, dentre os quais, 68 não possuem instituições de resposta a desastres. Para essa classe, não foram identificados municípios com muito alta vulnerabilidade.

Considerando a classe 2, domicílios em situação de risco de inundação (Figura 5.11), identificou-se 10 municípios com muito baixa vulnerabilidade, dos quais, 8 apresentam no máximo 3,6% de seus domicílios em situação de risco, valor inferior ao indicador nacional que corresponde a 4,0%. No entanto, foi observada a presença de dois municípios, localizados nas macrorregiões Nordeste e Sul, com 13,3% e 30,2% de seus domicílios em situação de risco de inundação, respectivamente. Com baixa vulnerabilidade, têm-se 90 municípios, em que 67 possuem menos de 3,5% de seus domicílios em situação de risco de inundação e os demais (23 municípios) variam este percentual de risco de 4,5% a 35,0%. Os 25 municípios com muito baixa ou baixa vulnerabilidade, que apresentam o percentual de domicílios em situação de risco de inundação superior à média nacional (4,0%), têm densidade de domicílios variando de 17 a 2,3 mil domicílios por km<sup>2</sup> de área urbana e apenas 4 destes municípios possuem mais de 50% de seu território classificado como área urbana.

Com média vulnerabilidade, têm-se 1.328 municípios cujos percentuais de domicílios em risco de inundação variam de 0 a 100%. São identificados 222 municípios com indicador acima de 4,0%, média nacional, dentre os quais, destacam-se 18 com mais de 50% de seus domicílios em situação de risco de inundação. Identificou-se, ainda, dois municípios com 100% de seus domicílios em situação de risco, localizados nas macrorregiões Sudeste e Sul.

Com alta vulnerabilidade, identificou-se 657 municípios cujo percentual de domicílios em risco de inundação varia de 0 a 23,5%, dentre os quais 96 apresentam percentual acima da média nacional de 4,0%. Por fim, 468 municípios são classificados com muito alta vulnerabilidade. Em tais municípios, o percentual de domicílios em situação de risco de inundação varia de 0 a 30,9% e 116 apresentam o indicador acima da média nacional de 4,0%. Considerando os 1.125 municípios classificados com alta ou muito alta vulnerabilidade, localizados, em sua maioria, nas macrorregiões Sudeste e Sul, em especial no estado de São Paulo, têm-se 308 classificados como críticos e, destes, 116 com percentual de domicílios em situação de risco de inundação superior à média nacional de 4,0%.

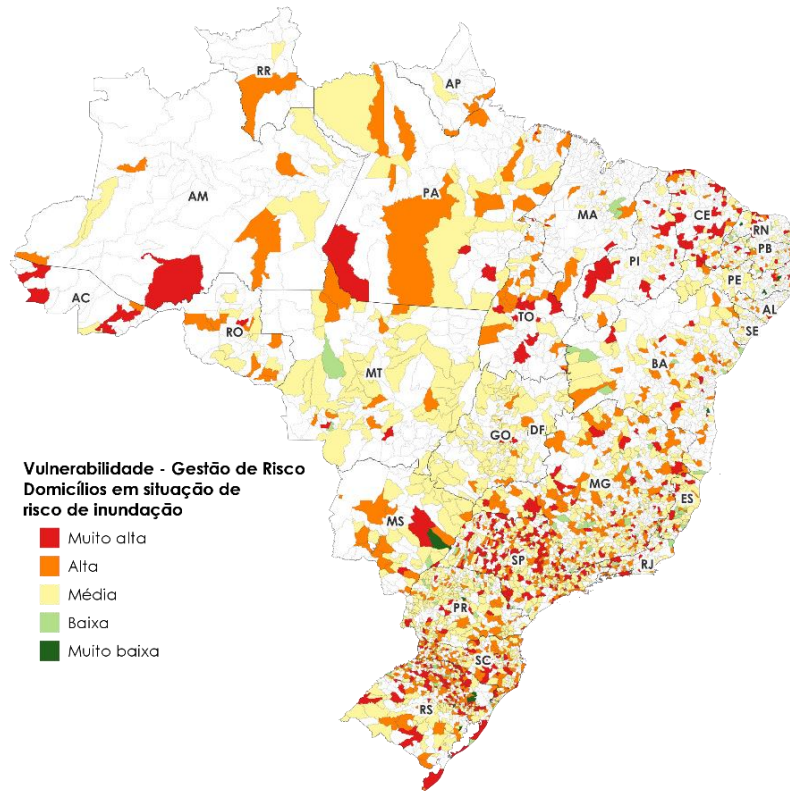


Figura 5.11 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Gestão de Risco - Domicílios em situação de risco de inundação.

Destaca-se, ainda, que, dos municípios da amostra, 459 (18,0%) apresentam o percentual de domicílios em situação de risco de inundação acima da média nacional de 4,0%. Desses, 94,6% são classificados com média, alta ou muito alta vulnerabilidade.

Por meio da análise da classe 3, sistemas de alerta de riscos hidrológicos (Figura 5.12), identificou-se 162 municípios com muito baixa vulnerabilidade, em que 40 possuem sistemas de alerta. Com baixa vulnerabilidade, têm-se 234 municípios, dentre os quais 13 (5,6%) possuem sistemas de alerta de riscos hidrológicos. Identificou-se, ainda, 1.188 municípios com média vulnerabilidade, em que 226 (19,0%) apresentam sistema de alerta de riscos hidrológicos implementados no município.

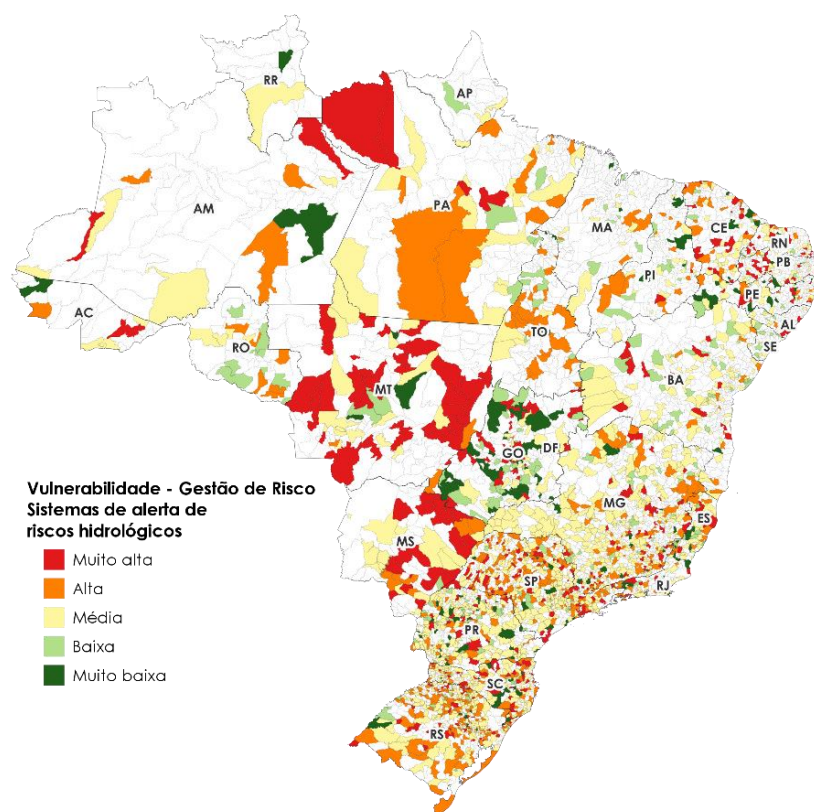


Figura 5.12 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Gestão de Risco - Sistemas de alerta de riscos hidrológicos.

Com alta vulnerabilidade, identificou-se 561 municípios, dos quais 129 possuem sistemas de alerta de riscos hidrológicos. Por fim, 408 municípios são classificados com muito alta vulnerabilidade, sendo identificados 97 com sistemas de alerta implementados no município.

Ressalta-se que os sistemas de alerta de risco hidrológicos consistem em um sistema de transmissão rápida de dados que ativem mecanismos de alarme em uma população previamente treinada para reagir a um desastre, por exemplo, em decorrência de eventos hidrológicos impactantes como alagamentos, enxurradas e inundações, sendo este, um mecanismo que contribui para a melhor resposta da população frente a tais eventos, o que pode reduzir sua vulnerabilidade. A amostra de estudo apresenta apenas 505 municípios (19,8%) com esse tipo de sistema implementado. Por esse motivo, a maior parte dos municípios são classificados com média, alta ou muito alta vulnerabilidade.

Por fim, para a classe 4, mapeamento de riscos de inundação, cuja representação espacial é apresentada na Figura 5.13, identificou-se 150 municípios com muito baixa vulnerabilidade, em que 67 realizam o mapeamento de riscos de inundação dos cursos d'água urbanos. Com baixa vulnerabilidade, têm-se 90 municípios com esse mapeamento sendo realizado em 37.

Dentre os 240 municípios com baixa ou muito baixa vulnerabilidade, 153 afirmam ter cursos d'água naturais perenes em suas zonas urbanas, dentre os quais, 78 realizam o mapeamento das áreas de risco de inundação.

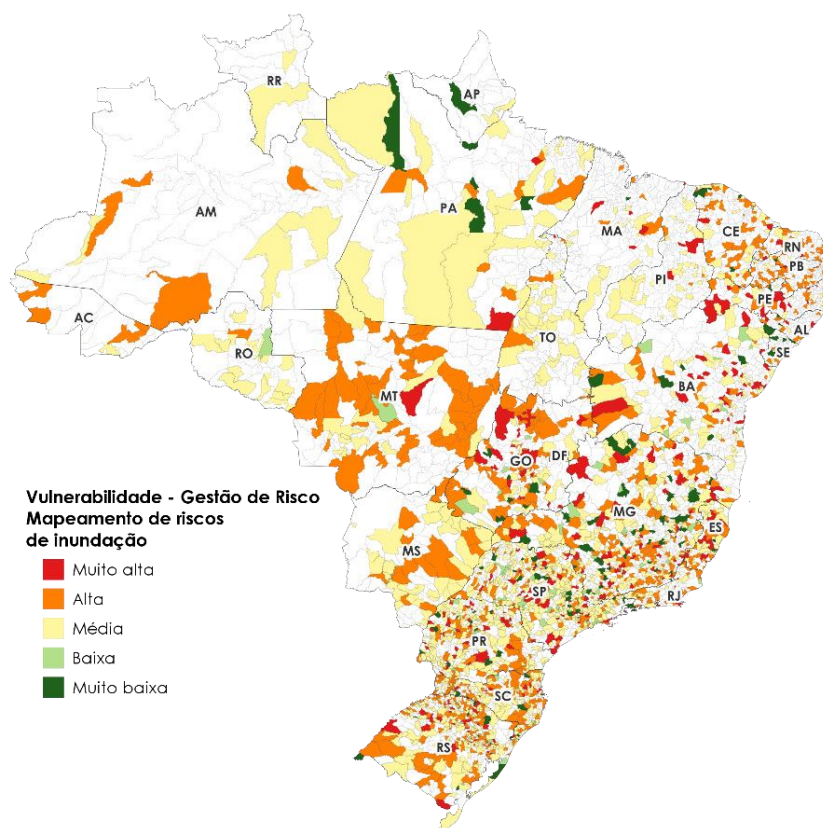


Figura 5.13 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Gestão de Risco - Mapeamento de riscos de inundação.

Com média vulnerabilidade, tem-se 1.193 municípios, dos quais 432 (36,2%) realizam o mapeamento de riscos de inundação. Identificou-se, também, 854 municípios com alta vulnerabilidade, em que 350 (41,0%) realizam o mapeamento, e, por fim, têm-se 266 municípios com muito alta vulnerabilidade, dentre os quais 108 (40,6%) realizam o mapeamento das áreas de riscos de inundação.

Observa-se que, da amostra de 2.553 municípios, apenas 994 realizam o mapeamento das áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos. Em relação à implementação dos sistemas de alerta de riscos hidrológicos, este número cai para 505. Tal cenário demonstra a necessidade que o país tem de avançar em medidas preventivas para eventos hidrológicos

impactantes como os alagamentos, de modo a buscar a redução da vulnerabilidade dos municípios brasileiros a tais eventos.

#### 5.3.1.4 - Categoria Drenagem sustentável e Manutenção

Para a categoria de Drenagem sustentável e Manutenção, a ACP retornou uma componente principal composta pelas duas variáveis que são analisadas nesta categoria, a saber: IE043, que identifica se existem parques lineares no município, sendo estas intervenções com a finalidade, dentre outras, de aumentar a área de várzea dos rios, ampliando as zonas de inundação e, conseqüentemente, reduzindo a vazão da água à sua jusante durante as enchentes; e a informação OP001, que identifica se as intervenções ou manutenções foram realizadas no sistema de DMAPU ou nos cursos d'água da área urbana do município.

Assim, realizou-se a definição do índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos considerando a classe de drenagem sustentável e manutenção como atenuante para a vulnerabilidade dos municípios e realizando a inversão dos valores de escores. Ressalta-se que os escores normalizados desta classe retornaram apenas 3 valores, a saber: -0,75, 1,33 e 1,35. Por este motivo os municípios foram classificados em apenas duas classes de vulnerabilidade, sendo 1.914 classificados com baixa vulnerabilidade e 639 com média vulnerabilidade, conforme apresentado na Figura 5.14.

Dos 2.553 municípios da amostra, apenas 235 afirmam possuir parques lineares implantados em suas zonas urbanas e 1.969 realizam intervenções ou manutenções nos sistemas de DMAPU ou nos cursos d'água da área urbana do município. A maior parte dos municípios que possuem parques lineares são classificados com baixa vulnerabilidade e se concentram nas macrorregiões Sudeste e Sul.

Do total da amostra de 2.553 municípios, 1.969 (77,1%) afirmam realizar intervenções e manutenção nos sistemas de DMAPU ou nos cursos d'água da área urbana do município. Analisando os dados informados ao SNIS-AP, observa-se 1.889 municípios que informam ter sistemas de drenagem implementado e 1.404 com cursos d'água naturais perenes na zona urbana. Identificam-se, ainda, 57 municípios que informam não possuírem sistemas de drenagem e nem cursos d'água nas zonas urbanas, o que poderia indicar uma inconsistência nos dados do SNIS-AP.



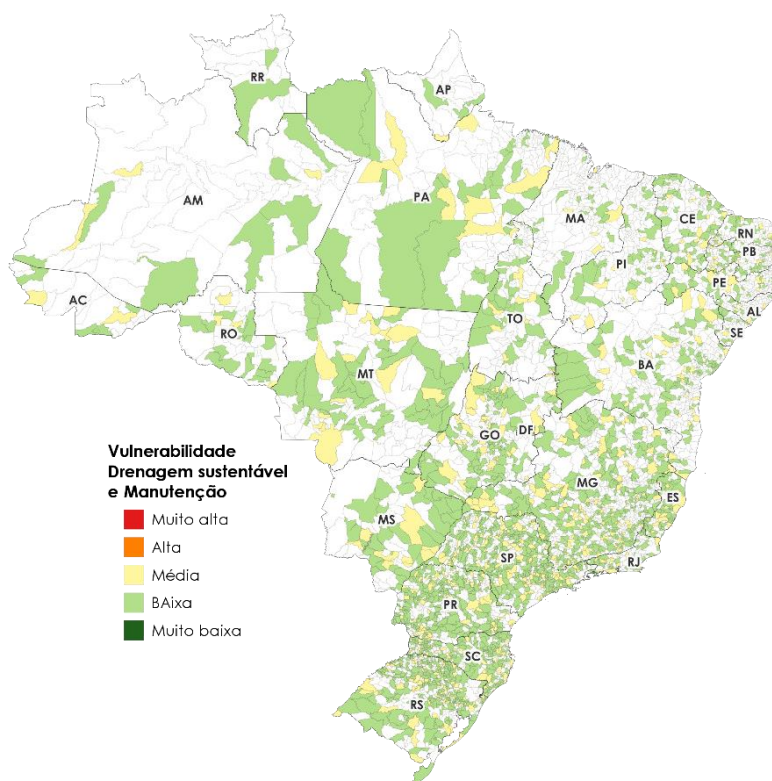


Figura 5.14 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Drenagem sustentável e Manutenção.

Observa-se que a realização de intervenção e manutenção dos sistemas de DMAPU e nos cursos d'água das áreas urbanas contribui para a redução da vulnerabilidade a alagamentos nos municípios brasileiros. A baixa adesão dos municípios à implantação de parques lineares mostra que o país ainda necessita evoluir no que se refere às infraestruturas de drenagem sustentável.

### 5.3.2 - Índice de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos por classificação numérica

O índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos elaborado por meio da metodologia de classificação numérica considerou os valores de escores normalizados dos municípios para cada uma das componentes principais de cada categoria analisada. Por meio das classes atribuídas a cada componente, foi possível avaliar se as variáveis que as compõem eram agravantes ou atenuantes para a vulnerabilidade.

Para a categoria **Planejamento**, as classes 1 e 3, caracterização urbana e geral do município, respectivamente, são consideradas agravantes para a vulnerabilidade, uma vez que fazem

referência ao índice de impermeabilização do solo, à classificação do município como crítico frente a eventos hidrológicos impactantes, bem como contribuem para a avaliação do nível de urbanização do município. A classe 2, instrumentos de planejamento e gestão, é considerada como atenuante para a vulnerabilidade, uma vez que a sua implementação permite que o tomador de decisões conheça a realidade do município e seja capaz de definir medidas mais assertivas no que se refere à prevenção de eventos como alagamentos.

Como cada classe foi analisada individualmente e nessa análise foram consideradas todas as particularidades dos municípios, o índice da categoria Planejamento, obtido por meio da Equação 5.4, corresponde ao somatório de cada uma de suas componentes, sem a necessidade de inversão de sinal, uma vez que a classe atenuante já considera escores com valores negativos para as classificações de baixa e muito baixa vulnerabilidade.

$$IV_{A_{Planejamento}} = CP + CP2 + CP3 \quad \text{Equação 5.4}$$

A partir da classificação numérica, identificou-se 372 municípios (8 capitais) com muito baixa vulnerabilidade, conforme apresentado na Figura 5.15. Dentre esses, têm-se 114 municípios classificados como críticos. Com baixa vulnerabilidade, identificou-se 245 municípios, sendo 41 críticos. Foram identificados, também, 764 municípios (9 capitais) com média vulnerabilidade, dentre os quais 205 são classificados como críticos. Com alta vulnerabilidade, tem-se 406 municípios, sendo 2 capitais e 112 classificados como críticos. Por fim, com muito alta vulnerabilidade, identificou-se 766 municípios, sendo 7 capitais e 193 críticos.

Comparando esses resultados com a metodologia anterior, por classes, é possível notar que a implementação de instrumentos de planejamento e gestão tem significativa contribuição no aumento ou na redução do índice de vulnerabilidade. Municípios com alta ou muito alta vulnerabilidade na classe de caracterização urbana, são classificados, numericamente, com muito baixa ou baixa vulnerabilidade considerando a implementação dos instrumentos de planejamento e gestão. Nestes municípios, nota-se, também, a baixa parcela de área urbana em relação à total e a presença de poucos municípios classificados como críticos. Em municípios em que a implementação destes instrumentos é deficiente, observa-se que há um



aumento da vulnerabilidade em municípios não críticos com baixa densidade demográfica urbana e pequena parcela de área urbana em relação à total.

Considerando a caracterização urbana, é possível notar que municípios com a densidade demográfica urbana baixa, mas com alta parcela de área urbana em relação à total e a baixa implementação dos instrumentos de planejamento e gestão, têm um aumento em sua vulnerabilidade, o que pode indicar que, mesmo sendo municípios de pequeno porte com uma baixa população alocada nas áreas urbanas, é necessário que medidas de planejamento e gestão dos serviços de DMAPU sejam adotadas de modo a evitar o aumento da vulnerabilidade urbana do município.

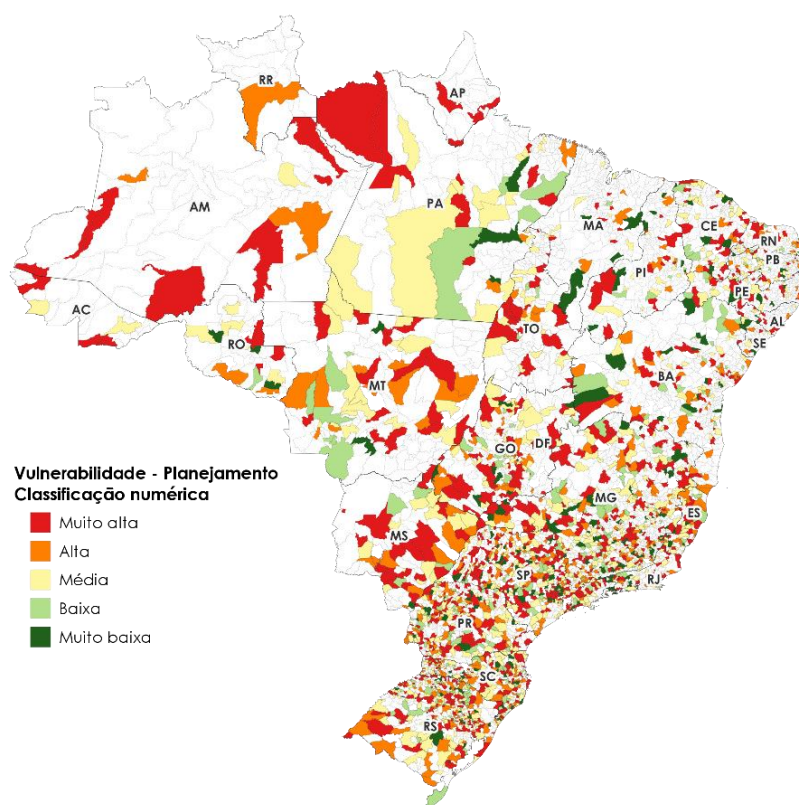


Figura 5.15 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Planejamento - Classificação numérica.

Municípios com alta densidade demográfica nas áreas urbanas, grande parcela de área urbana em relação à total e classificados como críticos, apresentam alta ou muito alta vulnerabilidade, tanto na metodologia por classe quanto na metodologia numérica. Nesse caso, a implementação dos instrumentos de planejamento e gestão contribui para reduzir,

numericamente, o índice de vulnerabilidade, mas não o suficiente para uma recategorização da vulnerabilidade do município.

Para a categoria **Infraestrutura**, a exemplo da categoria Planejamento, todas as 3 classes definidas foram consideradas como soma na equação que define esse índice (Equação 5.5), uma vez que na análise individual de cada classe, foram considerados os pontos agravantes e atenuantes da vulnerabilidade, bem como suas particularidades.

$$IVA_{Infraestrutura} = CP1 + CP2 + CP3 \quad \text{Equação 5.5}$$

Considerando, então, a classificação numérica (Figura 5.16), identificou-se 624 municípios com muito baixa vulnerabilidade, dentre os quais 6 são capitais de estados brasileiros. Com baixa vulnerabilidade, têm-se 282 municípios (3 capitais). Os municípios classificados com média vulnerabilidade totalizam 693, sendo 7 capitais. Identificou-se, ainda, 290 municípios (3 capitais) com alta vulnerabilidade e 664 municípios com muito alta vulnerabilidade (7 capitais).

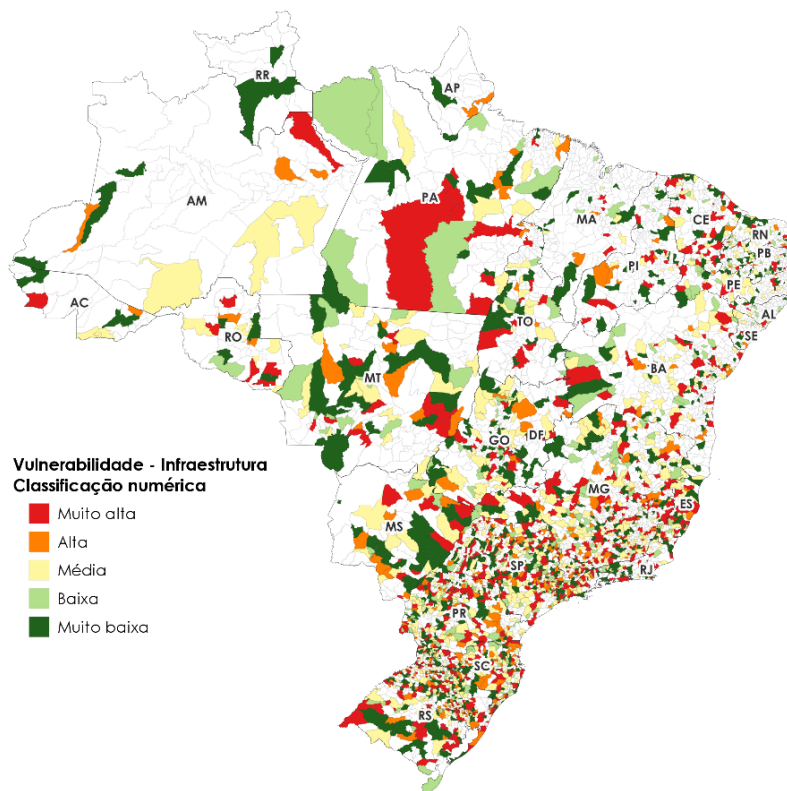


Figura 5.16 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Infraestrutura - Classificação numérica.

Analisando os resultados da nova classificação para a categoria Infraestrutura, observa-se que a implementação de sistemas de drenagem nos municípios da amostra contribui para a redução da vulnerabilidade a alagamentos. Em contrapartida, altas taxas de cobertura de vias urbanas com pavimentos e meio-fio contribuem para o aumento da vulnerabilidade, mesmo em municípios com sistemas de drenagem implementados.

Municípios com altas taxas de cobertura com pavimentos e meio-fio que não possuem sistemas de drenagem ou que os apresentam com deficiências, principalmente em relação à densidade de captações e poços de visitas, tendem a ter um aumento no índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos.

É importante ressaltar que por meio da análise dos dados brutos do SNIS-AP, identificou-se significativas inconsistências nos dados, o que demonstra a necessidade de aperfeiçoamento em avisos e erros que são emitidos pelo sistema no momento do preenchimento dos formulários, bem como nas análises de consistências e no cálculo de alguns indicadores. O SNIS-AP é a principal base de dados nacionais sobre infraestruturas de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, por esse motivo é essencial que os dados sejam consistentes de modo a apresentar uma maior confiabilidade para seus usuários.

A aplicação da metodologia por classificação numérica para a definição do índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos para a categoria **Gestão de Risco** considerou as 4 componentes principais como soma, uma vez que todas as classes foram tratadas anteriormente com a inversão da classificação de vulnerabilidade, quando necessário.

Ressalta-se que para esta categoria, considerou-se a existência de instituições de resposta a desastres, bem como a implementação de sistemas de alerta de riscos hidrológicos e a realização de mapeamento das áreas de risco de inundação, como atenuantes da vulnerabilidade. O percentual de domicílios em situação de risco de inundação é considerado agravante para a vulnerabilidade do município.

$$IVA_{Gestão\ de\ Risco} = CP1 + CP2 + CP3 + CP4 \quad \text{Equação 5.6}$$

A partir da classificação numérica, cuja representação espacial é apresentada na Figura 5.17, identificou-se 383 municípios com muito baixa vulnerabilidade, 215 com baixa

vulnerabilidade, 626 com média vulnerabilidade, 366 municípios com alta vulnerabilidade e 963 com muito alta vulnerabilidade.

Observa-se que a maior parte dos municípios é classificada com média, alta ou muito alta vulnerabilidade, sendo identificados municípios com altos percentuais de domicílios em situação de risco de inundação e baixa taxa de implementação de sistemas de alerta de riscos hidrológicos e de mapeamento de áreas de risco de inundação.

Ao analisar os municípios classificados com média vulnerabilidade, é possível observar que a implementação, em conjunto, de tais medidas contribui para a redução da vulnerabilidade, mesmo naqueles municípios que apresentam elevado percentual de domicílios em situação de risco de inundação.

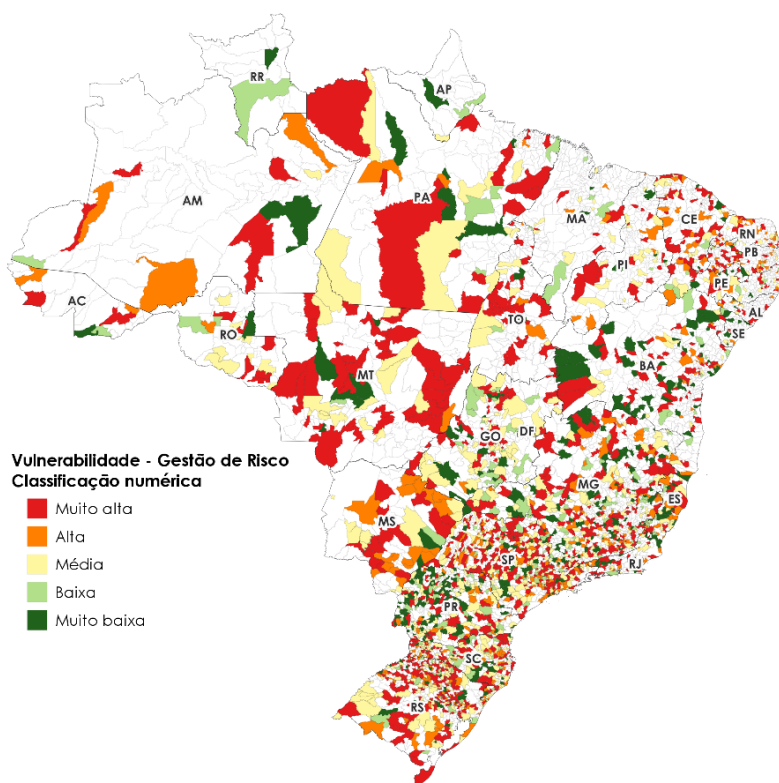


Figura 5.17 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade da categoria Gestão de Risco - Classificação numérica.

Dentre todas as componentes analisadas na categoria de Gestão de Risco, observa-se que a presença de uma instituição de resposta a desastres no município é a que mais contribui para a redução da vulnerabilidade a alagamentos. A não realização de mapeamento, associada à ausência de um sistema de alerta de risco de desastres hidrológicos contribui para o aumento

da vulnerabilidade dos municípios, o que demonstra a importância de tais instrumentos no que se refere ao planejamento de medidas preventivas de eventos hidrológicos impactantes.

Para a categoria de **Drenagem sustentável e Manutenção**, considerou-se a classificação numérica igual à classificação realizada pela metodologia por classes, uma vez esta categoria só apresentou uma componente principal. Neste caso, a definição do índice por classificação numérica considerou a primeira componente como valor de vulnerabilidade a ser atribuído aos municípios. A representação espacial dessa categoria foi apresentada na Figura 5.14.

$$IVA_{Dren.sust.e\ manutenção} = CP1 \quad \text{Equação 5.7}$$

De modo geral, para essa categoria, observa-se que a realização de intervenções e manutenção do sistema de drenagem contribui para a redução do índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos nos municípios da amostra, bem como a implementação de parques lineares, embora esta medida ainda seja pouco adotada no país.

### 5.3.3 - Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos

Com o objetivo de obter um único índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos para os municípios da amostra de estudo, realizou-se a integração dos índices definidos para cada categoria, obtidos por meio da metodologia de classificação numérica. Para tanto, os índices definidos por categoria foram padronizados de modo a terem média igual a 0 (zero) e desvio padrão igual a 1 (um). Com isso, buscou-se garantir que os valores de índices apresentassem uma ordem de grandeza equilibrada entre si. Assim, o Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos foi calculado por meio da Equação 5.8, na qual se somam os valores de índices obtidos para cada uma das categorias analisadas no presente estudo:

$$IVA_{GERAL} = IVA_{Plan.} + IVA_{Infra.} + IVA_{Gestão} + IVA_{Dren.sust.e\ man.} \quad \text{Equação 5.8}$$

Após a obtenção do índice geral por meio da equação 5.8, foi aplicada a metodologia do SPI para a classificação de vulnerabilidade, na qual o resultado do somatório foi normalizado

considerando a distribuição de probabilidade cumulativa empírica. A representação espacial da classificação de vulnerabilidade é apresentada na Figura 5.18.

Ressalta-se que a normalização dos escores, seguindo a metodologia do SPI, é realizada para que os extremos de muito baixa e muito alta vulnerabilidade sejam representados de maneira semelhante (Mckee *et al.*, 1993), mantendo-se a probabilidade de ocorrência nas diversas classes de vulnerabilidade, conforme apresentada na Tabela 4.4, reproduzida novamente a seguir.

Tabela 4.4 - Classificação da vulnerabilidade.

<b>Critério de pontuação</b>	<b>Classe de vulnerabilidade</b>	<b>Probabilidade</b>
$z \geq 2,0$	Muito Alta	2,3%
$1,0 \leq z < 2,0$	Alta	13,5%
$-1,0 < z < 1,0$	Média	68,4%
$-2,0 < z \leq -1,0$	Baixa	13,5%
$z \leq -2,0$	Muito Baixa	2,3%

Foram identificados 58 municípios classificados com muito baixa vulnerabilidade, dentre os quais, têm-se 2 capitais de estados brasileiros, 19 são classificados como críticos e 19 pertencem ao Semiárido brasileiro. Tais municípios estão concentrados nas macrorregiões Nordeste (19 municípios) e Sudeste (23 municípios). Com baixa vulnerabilidade, identificou-se 347 municípios, sendo 2 capitais, 84 são classificados como críticos e 57 fazem parte da região do Semiárido brasileiro.

Com média vulnerabilidade, identificou-se 1.742 municípios, sendo 19 capitais, 462 críticos e 266 pertencentes ao Semiárido brasileiro. Identificou-se, ainda, 347 municípios com alta vulnerabilidade, dos quais 2 são capitais de UF, 86 são considerados críticos e 49 fazem parte do Semiárido. Por fim, a classificação de muito alta vulnerabilidade foi atribuída a 59 municípios, dos quais 1 é capital de estado, 14 são classificados como municípios críticos e 5 estão localizados na região do Semiárido brasileiro. Para essa classe de vulnerabilidade não foram identificados municípios da macrorregião Norte e as macrorregiões Sudeste e Sul concentram 81,4% dos municípios com muito alta vulnerabilidade.

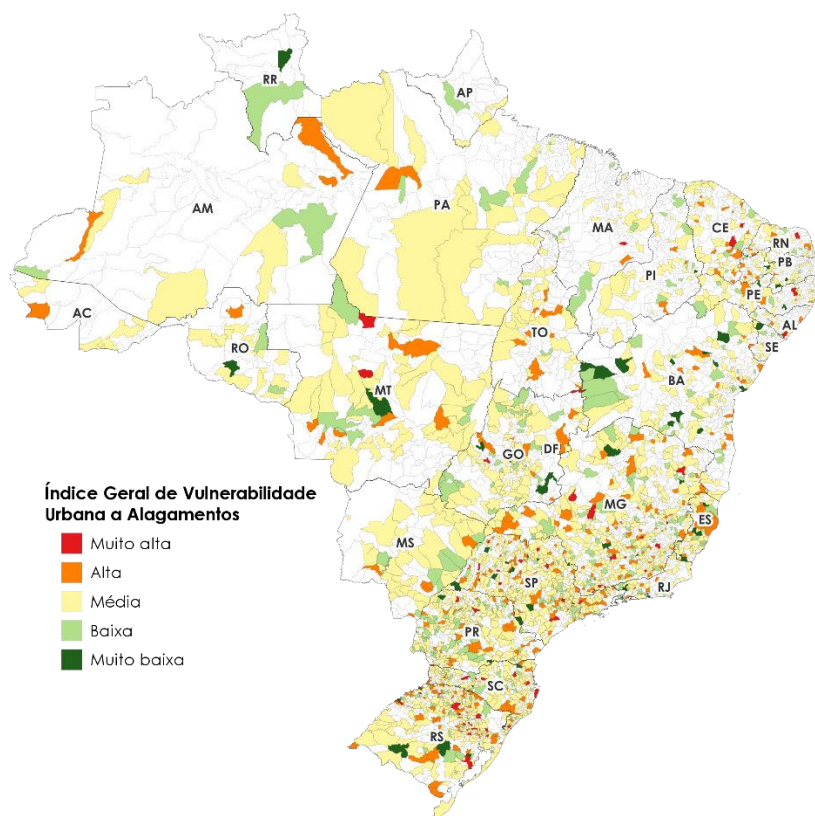


Figura 5.18 - Representação espacial da classificação de vulnerabilidade para a amostra de estudo - Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos.

Observa-se que a maior parte dos municípios críticos da amostra (84,5%) são classificados com média, alta ou muito alta vulnerabilidade. Tratam-se de municípios que recebem a classificação de críticos por estarem sujeitos a eventos hidrológicos impactantes, como os alagamentos, de forma recorrente. A partir dos dados do SNIS-AP, é possível observar que a maior parte desses municípios apresentam deficiências nos sistemas de DMAPU, tanto na infraestrutura quanto em relação às medidas de planejamento e de gestão de risco implementadas, o que contribui para o aumento de sua vulnerabilidade.

Cerca de 80% dos municípios pertencentes à região do Semiárido brasileiro são classificados com média, alta ou muito alta vulnerabilidade. Isso acontece devido ao fato de que os municípios dessa região apresentarem baixo avanço nas medidas de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, uma vez que se configuram como municípios cujo risco da ocorrência de eventos hidrológicos impactantes é reduzido. No entanto, tais municípios se mostram vulneráveis e, embora a probabilidade de ocorrência de um perigo seja mínima, é necessário que medidas de prevenção para esses eventos sejam implementadas em tais

municípios, de modo a se evitar grandes impactos frente a eventos que possam ter altos tempos de retorno.

Considerando os municípios classificados com alta ou muito alta vulnerabilidade (406), observa-se que a categoria que mais influência o aumento ou a redução da vulnerabilidade dos municípios é a gestão de risco. Assim, para a redução dessa vulnerabilidade na categoria gestão de risco é necessário que as demais esferas avaliadas recebam atenção dos gestores municipais e tenham níveis reduzidos de vulnerabilidade. Observa-se, ainda, que municípios com alta ou muito alta vulnerabilidade nas categorias infraestrutura e gestão de risco tendem a ter a redução do índice desde que a categoria planejamento apresente muito baixa vulnerabilidade. Isso pode indicar que, embora a infraestrutura de drenagem seja deficiente e a gestão de risco não ocorra de forma adequada, o município pode ter redução da vulnerabilidade caso tenha um baixo índice de impermeabilização do solo e realize a implementação de instrumentos de planejamento e gestão como, por exemplo, a realização de Plano Diretor de DMAPU e o cadastro técnico de obras lineares.

Em municípios classificados com alta vulnerabilidade, é possível observar que a categoria infraestrutura contribui para reduzir a vulnerabilidade de municípios que apresentam muito alta vulnerabilidade nas categorias planejamento e gestão de risco.

De modo geral, a categoria de gestão de risco influencia significativamente no aumento da vulnerabilidade nos municípios, mesmo quando se consideram aqueles que apresentam média, baixa ou muito baixa vulnerabilidade nas demais categorias. Esse cenário demonstra a importância de se atentar para medidas de gestão de risco de inundações, sendo estas, essenciais para a redução da vulnerabilidade a alagamentos nos municípios brasileiros.

A partir desses resultados, é possível observar que a redução da vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros deve levar em consideração medidas de planejamento e de gestão de risco, bem como a implementação de infraestruturas de DMAPU adequadas e de drenagem sustentável e de manutenção. No que se refere a eventos hidrológicos impactantes, o planejamento e a gestão de riscos hidrológicos eficientes podem ser decisivos para o aumento ou para a redução da vulnerabilidade dos municípios.

Considerando aqueles que apresentam deficiências nas infraestruturas de DMAPU, que são a maior causa de ocorrência de alagamentos, observa-se que outras medidas como a adoção de instrumentos de planejamento e gestão, bem como de gestão de risco e a implementação de infraestrutura de drenagem sustentável podem contribuir para a redução da



vulnerabilidade urbana a alagamentos nestes municípios. Tais medidas podem ser uma solução viável, principalmente em municípios que necessitam adequar sistemas já implementados ou resolver problemas em áreas urbanas já consolidadas, mas que não possuem a infraestrutura adequada.

#### **5.4 - VALIDAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE URBANA A ALAGAMENTOS**

A etapa de validação dos resultados tem como objetivo avaliar qualitativamente o Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos definido anteriormente. Para tanto, foram analisados os registros históricos de municípios que passaram por eventos de precipitação e tiveram ocorrências de alagamentos, buscando avaliar se tais ocorrências resultaram em impactos significativos, ou não, para a população, de modo a verificar se a classificação de vulnerabilidade do município é compatível com os resultados de tais eventos.

O SNIS-AP apresenta dados referentes à ocorrência de alagamentos em áreas urbanas, considerando os eventos registrados e não registrados no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). Para a amostra de estudo, no ano de referência 2021, foi contabilizada a ocorrência de 4.943 eventos de alagamentos, sendo que 91 foram registrados no S2ID e 4.852 foram registrados apenas no SNIS.

São apresentados, também, dados referentes aos impactos dos eventos hidrológicos sobre a população, considerando o número de óbitos, de desabrigados e desalojados, de habitantes realocados, de forma temporária ou permanentemente, bem como são calculados indicadores que descrevem a parcela da população urbana afetada por esses eventos, o índice de óbitos e a relação dos habitantes realocados com a população total do município. No entanto, os dados apresentados pelo sistema não são discretizados por tipo de evento, ou seja, se referem aos impactos resultantes da ocorrência de eventos hidrológicos impactantes que podem ser enxurradas, alagamentos ou inundações.

Analisando a base de dados do SNIS-AP, observa-se que muitos eventos de alagamentos não são registrados pelos estados e municípios no S2ID, no entanto, os que são registrados apresentam informações acerca de desabrigados e desalojados em decorrência de eventos de alagamentos, bem como o número total de afetados, o dano total e o prejuízo total, ambos em valores corrigidos (R\$). Por esse motivo, a validação dos resultados considerou tantos

os dados do SNIS-AP quanto do S2ID, apresentados no Atlas Digital de Desastres no Brasil, bem como informações resgatadas de notícias publicadas acerca da ocorrência de alagamentos em determinados municípios.

O S2ID apresenta o registro de 180 ocorrências de alagamentos no ano de 2021, que resultaram em cerca de 20 mil desabrigados e desalojados e em 96,7 mil afetados no total. Os danos totais de tais eventos somam 123,6 milhões de reais com prejuízos na ordem de R\$ 73 milhões. Ressalta-se que, como os registros de alagamentos no S2ID são inferiores aos do SNIS-AP, é possível que os números referentes aos impactos de tais eventos podem estar subestimados, não refletindo a realidade dos municípios.

Considerando, então, o Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos que foi obtido pelo somatório dos índices de vulnerabilidade definidos para as categorias Planejamento, Infraestrutura, Gestão de Risco e Drenagem sustentável e Manutenção por meio da classificação numérica, identificou-se que os municípios classificados com muito baixa vulnerabilidade registraram a ocorrência de 164 alagamentos (3,3% do total de 4.943 ocorrências registradas) e que o município com maior registro foi Barra do Choça/BA, com 80 ocorrências. Nos municípios com baixa vulnerabilidade foram registrados 504 eventos de alagamentos (10,2% do total de ocorrências registradas), com o município de São Paulo/SP com o maior número de ocorrências (294). Considerando os municípios com média vulnerabilidade, identificou-se o registro de 3.048 ocorrências de alagamentos (61,7% do total de ocorrências registradas), com o maior registro realizado pelo município de João Dourado/BA, com 500 ocorrências. Dentre os municípios classificados com alta vulnerabilidade, foram registradas 1.209 ocorrências de alagamentos (24,5% do total de ocorrências registradas), sendo o maior registro observado em Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, com 894 eventos. Por fim, nos municípios com muito alta vulnerabilidade são contabilizadas 18 ocorrências de alagamentos (0,4% do total), com o município de João Câmara/RN apresentando o maior registro de ocorrências, com 8 alagamentos.

A Figura 5.19 apresenta a distribuição gráfica das ocorrências de alagamentos registradas no SNIS-AP por classificação de vulnerabilidade, na qual é possível observar que o maior registro de ocorrências se dá nos municípios com média e alta vulnerabilidade, representando 86,1% das ocorrências registradas no SNIS-AP em 2021. Observa-se, ainda, que os municípios com baixa vulnerabilidade registram cerca de 10% das ocorrências de

alagamentos do ano de referência, o que pode ser justificado pela presença do município de São Paulo/SP com essa classificação de vulnerabilidade.

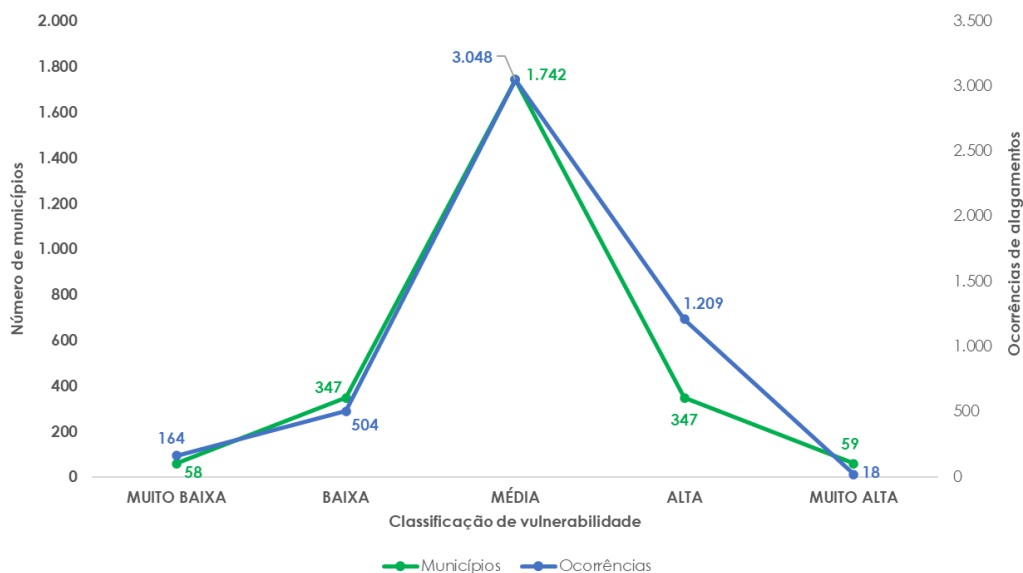


Figura 5.19 - Distribuição de ocorrências de alagamentos registradas no SNIS-AP 2021 por classificação e vulnerabilidade.

Dentre os municípios com maiores ocorrências de alagamentos, considerando as diferentes classificações de vulnerabilidade, têm-se que 2 são capitais de estados brasileiros. De acordo com os registros do SNIS-AP, a ocorrência de 2.013 eventos de alagamento (40,7% do total) se deu em capitais brasileiras, em que 1.660 ocorreram nas capitais classificadas com média, alta ou muito alta vulnerabilidade.

Destacam-se, ainda, os municípios Belo Horizonte/MG, São Paulo/SP e João Dourado/BA, que juntos registram 34,1% do total desses eventos no país. Com o objetivo de analisar se a resposta desses municípios a tais eventos é compatível com as suas classificações de vulnerabilidade, apresenta-se um estudo de caso.

#### 5.4.1 - Estudo de caso: Belo Horizonte/MG, São Paulo/SP e o estado da Bahia

##### 5.4.1.1 - Belo Horizonte/MG

A capital Belo Horizonte/MG, classificada com alta vulnerabilidade e com o maior registro de ocorrências de alagamentos em 2021, possui 100% de seu território e de sua população

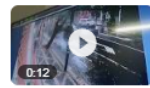
considerados urbanos. Trata-se de um município crítico, com alta taxa de cobertura de pavimentação e meio-fio na área urbana (95,1%), no entanto, a taxa de cobertura de vias com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos é de apenas 15,8%. Mesmo com a instalação de infraestruturas de captação de águas pluviais e poços de visitas dentro do que é recomendado, a baixa cobertura com redes de drenagem compromete o sistema de DMAPU. Embora seja um município que realiza a implementação de diferentes instrumentos de planejamento e gestão, bem como de gestão de risco de inundação, as condições de alto nível de impermeabilização do território e a baixa cobertura do sistema de DMAPU contribuem para o aumento da vulnerabilidade urbana a alagamentos, o que coloca em alerta 100% da população do município.

A base de dados do S2ID não apresenta dados referentes à ocorrência de eventos de alagamentos em Belo Horizonte. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) registram a ocorrência de precipitações no município ao longo do ano de 2021, principalmente nos meses de janeiro a março e de outubro a dezembro, sendo identificado um período de estiagem nos meses de abril a setembro. Com a ausência de dados oficiais acerca dos impactos destes eventos, buscou-se, em notícias do período, identificar a situação do município frente a tais eventos.

Ao longo de 2021 os canais de comunicação noticiaram a ocorrência de diversos casos de precipitações que resultaram em alagamentos em Belo Horizonte (Figura 5.20). Os impactos registrados, considerando aqueles referentes às deficiências nos sistemas de DMAPU, mostram que as vias urbanas do município tendem a apresentar um acúmulo de água, o que dificulta o transporte, bem como, em alguns casos, resultam no fechamento de vias devido ao risco de transbordamento de córregos que se encontram nas zonas urbanas. As águas pluviais também tendem a adentrar estabelecimentos e causar transtornos no transporte público, inclusive com registros de alagamentos em estações do metrô, bem como invadir residências e “ilhar” pessoas nas ruas e em seus carros. São registrados, também, alagamentos no Aeroporto da Pampulha, em que, em um desses eventos, foi necessário acionar o corpo de bombeiros para que a água da chuva fosse escoada a fim de se evitar maiores danos e prejuízos no local.

g1.globo.com › minas-gerais › noticia › 2021/12/06 › for...

### BH tem forte chuva na madrugada desta segunda - G1 - Globo



BH tem forte chuva na madrugada desta segunda; há alagamentos, desmoronamento de casas e queda de ... 06/12/2021 05h59 Atualizado há...

G1 · 6 de dez. de 2021

g1.globo.com › minas-gerais › noticia › 2021/02/22 › ch...

### Chuva causa alagamentos e quedas de árvore e muro ... - G1

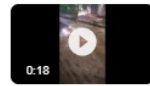


Por Lucas Franco, TV Globo — Belo Horizonte. 22/02/2021 06h56 Atualizado há 2 anos ... Chuva provoca alagamentos em Belo Horizonte.

G1 · Lucas Franco · 22 de fev. de 2021

g1.globo.com › minas-gerais › noticia › 2021/10/18 › ris...

### Chuva provoca alagamentos em vários pontos de Belo ... - G1

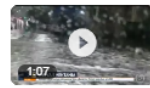


Por Thais Pimentel, g1 MG — Belo Horizonte. 18/10/2021 20h10 Atualizado há um ano. Chuva provoca alagamento na Via Expressa, em BH.

G1 · 18 de out. de 2021

g1.globo.com › minas-gerais › noticia › 2021/05/31 › ch...

### Chuva forte provoca alagamentos em BH | Minas Gerais - G1



Água invadiu casas na Vila da Luz, na Região Nordeste da capital. Por Júlio César Santos, G1 Minas — Belo Horizonte. 31/05/2021 22h33 ...

G1 · Júlio César Santos · 31 de mai. de 2021

g1.globo.com › minas-gerais › noticia › 2021/01/15 › ch...

### Chuva provoca estragos e alagamentos na Grande BH nesta ...



Caminhão e carros foram arrastados. Por Thais Leocádio e Júlio César Santos, G1 Minas — Belo Horizonte. 15/01/2021 18h01 Atualizado há 2...

G1 · 15 de jan. de 2021

Figura 5.20 - Registro de notícias acerca da ocorrência de alagamentos no município de Belo Horizonte/MG no ano de 2021.



A Rua Joaquim Silvério, no bairro Coração Eucarístico, ficou alagada — Foto: Reprodução/TV Globo

a



Chuva provoca inundações na Região Oeste de BH

b



c



d



e



f

Figura 5.21 - Registro de impactos resultantes da ocorrência de alagamentos no município de Belo Horizonte/MG no ano de 2021.  
(Fonte: G1.COM. Acesso em julho de 2023).

Com isso, embora não existam dados oficiais que contabilizem os impactos dos eventos de alagamentos no município de Belo Horizonte/MG, é possível observar a ocorrência de tais eventos que resultam em impactos e transtornos para a população. Nesse caso, mesmo que o município tenha um sistema de drenagem implementado e faça uso de diversos instrumentos de planejamento e gestão e de gestão de risco, observa-se que tais medidas não são o suficiente para a redução de sua vulnerabilidade. Este cenário demonstra a necessidade que o município tem de melhorar o sistema de DMAPU, sendo necessária a adequação da infraestrutura implementada, bem como a adoção de outras medidas que possam contribuir para a redução da vulnerabilidade urbana do município frente a eventos de alagamentos. Para Belo Horizonte/MG, pode-se afirmar que o Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos, definido com base apenas nos dados do SNIS-AP, foi capaz de identificar de forma coerente o município com alta vulnerabilidade.

#### 5.4.1.2 - São Paulo/SP

Com o objetivo de avaliar a eficiência do índice definido, realizou-se a análise do município São Paulo/SP, que apresenta o maior registro de ocorrências de alagamentos e é classificado

com baixa vulnerabilidade. Com base nos dados do SNIS-AP, observa-se que São Paulo é um município com a maior parcela de seu território considerada urbana (72,4%), no entanto, cerca de 30% é área rural, o que reduz o seu nível de impermeabilização. Trata-se de um município classificado como crítico, que apresenta a implementação de um sistema de DMAPU, cuja taxa de cobertura das vias públicas urbanas com rede ou canais de água pluviais subterrâneos abrangem apenas 20% das vias totais e a instalação de poços de visita fica abaixo do que é recomendado. No que se refere a adoção de instrumentos de planejamento e gestão e de gestão de risco de inundação, o município implementa todas as opções avaliadas neste estudo.

Assim como Belo Horizonte/MG, a capital São Paulo também não apresenta registros de alagamentos no S2ID, sendo necessário recorrer a outros recursos como a busca por notícias que relatam a ocorrência de alagamentos no município e os registros realizados pelo Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas (CGE) da Prefeitura de São Paulo, de modo a verificar se a classificação de baixa vulnerabilidade é coerente.

Com base nos dados do INMET, considerando apenas a estação meteorológica São Paulo - Interlagos, o município de São Paulo passou por 756 eventos de precipitação registrados em 195 dias do ano de 2021. Dos eventos registrados, 71 (9,4%) resultaram na ocorrência de alagamentos em diferentes regiões da capital, de acordo com as informações do CGE. No que diz respeito à ocorrência de alagamentos, o CGE monitora os eventos de chuva e registra pontos de alagamentos transitáveis e intransitáveis, informando para a população seu status de ativo ou inativo no momento da busca (Figura 5.22).

## Alagamentos

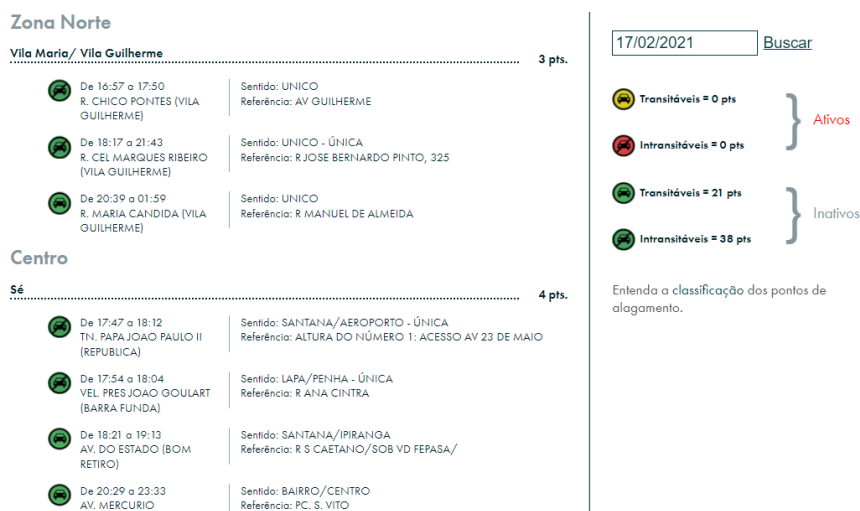


Figura 5.22 - Registro de alagamentos no portal do CGE da Prefeitura do município de São Paulo/SP, no ano de 2021.

Considerando os registros de ocorrências de alagamentos, em 2021 na capital São Paulo, foram identificados 586 pontos de alagamentos, sendo que 384 se mantiveram transitáveis durante a ocorrência e 202 ficaram intransitáveis. As notícias acerca dos eventos de precipitação reforçam a existência de pontos de alagamentos na capital, destacando comunicados do CGE referente ao estado de alerta de determinadas regiões. De acordo com os registros do CGE, um evento que ocorreu em 17 de fevereiro de 2021 resultou no maior número de pontos de alagamentos, sendo identificados 21 transitáveis e 38 intransitáveis. Dentre os impactos registrados, destaca-se o alagamento do Túnel do Anhangabaú, que ocorreu em março de 2021 e resultou em sua interdição temporária.



a



b

Figura 5.23 - Registro de alagamentos no município de São Paulo/SP, no ano de 2021. (Fonte: G1.COM. Acesso em julho de 2023).



Observa-se que os principais impactos para a população de São Paulo/SP frente a eventos de alagamentos são relacionados ao transporte e deslocamento, uma vez que algumas vias tendem a ficar intransitáveis e outras mantêm o fluxo, mas com velocidade reduzida. Destaca-se, ainda, que o CGE emite comunicados para a população que indicam estado de alerta de alagamentos, apresentando os pontos identificados. Esse sistema permite que os habitantes da capital busquem vias alternativas para o seu deslocamento, quando possível, ou se mantenham abrigados durante a ocorrência de tais eventos. Destaca-se, ainda, a emissão desses comunicados devido ao transbordamento de cursos d'água presentes na zona urbana do município. Nesses casos, o tráfego tende a ser interrompido e a população que se encontra nestas vias precisa aguardar a liberação, muitas vezes em seus carros ou no transporte público.

Após a análise das informações disponíveis, foi possível observar que apenas cerca de 10% dos eventos de precipitação registrados no ano de 2021 resultaram na ocorrência de alagamentos e, dos alertas emitidos para pontos de alagamentos, mais de 65% eram transitáveis. A busca por notícias acerca de tais eventos resultou em poucos registros e, em sua maioria, o destaque é para os pontos em estado de alerta de alagamentos. Os principais impactos de tais eventos são referentes ao transporte e deslocamento da população. Com isso, é possível observar que, embora o município de São Paulo registre a ocorrência de alagamentos, tais eventos tendem a ser notificados para a população, resultando em impactos reduzidos.

Considerando, então, que esse município implementa todas as medidas analisadas no presente estudo e que os registros de ocorrência de alagamentos mostram que seus impactos para a população tendem a ser reduzidos, seria possível afirmar que a classificação de muito baixa vulnerabilidade urbana a alagamentos é coerente com a realidade do município, o que exemplifica a importância da adoção de medidas preventivas para tais eventos, como a implementação de sistemas de alerta de risco que comuniquem à população possíveis pontos críticos que devam ser evitados.

A análise dos dois municípios com o maior registro de ocorrência de alagamentos, considerando dois extremos de vulnerabilidade, cujas classificações são de alta e baixa, mostrou que o índice definido é coerente com a realidade dos municípios, considerando apenas os dados do SNIS-AP e os registros disponíveis acerca de tais ocorrências e suas consequências para a população.

#### 5.4.1.3 - Estado da Bahia

Dentre os municípios classificados com média vulnerabilidade, destaca-se João Dourado - Bahia, que registra a ocorrência de 500 eventos de alagamentos. Trata-se de um município com menos de 30 mil habitantes, menos de 1% de sua área considerada urbana e que pertence à região do Semiárido brasileiro, sendo este um ponto que chama atenção, uma vez que a região é caracterizada pelo baixo índice pluviométrico, déficit hídrico diário acima de 60% e índice de aridez inferior a 0,5, sendo esse o índice que estima a evapotranspiração potencial pelo método de *Thornthwaite* (Sales *et al.*, 2021).

O S2ID apresenta um único registro de alagamento, em dezembro de 2021, que resultou em 400 habitantes desalojados de suas casas e em um prejuízo total de R\$ 2.100.572,44. Notícias desse evento afirmam que o município passou por temporais que resultaram em alagamentos das vias e do centro da cidade, bem como na invasão de casas e de estabelecimentos comerciais. O município decretou situação de emergência, uma vez que a quantidade de chuva registrada no mês, de 700 mm, ultrapassou o esperado para todo o ano que era de 500 mm.

O município de João Dourado/BA possui cerca de 60% de sua população vivendo no 1% de área urbana. No que se refere à infraestrutura de DMAPU, João Dourado apresenta um sistema de drenagem implementado, com 100% de cobertura de pavimentação e meio-fio na área urbana e 22,9% de cobertura com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos. O município não possui Plano Diretor de DMAPU e nem nenhum dos instrumentos de gestão de risco analisados nesse estudo. Dentre seus domicílios alocadas na área urbana, 6,0% estão em situação de risco de inundação, valor maior que a média nacional de 4,0%. Com base nas notícias publicadas acerca do evento extremo que atingiu o município, a prefeitura informa que a causa das inundações e alagamentos se deu devido à falta de área e equipamentos para escoar o grande volume de água, uma vez que os açudes do município atingiram uma capacidade crítica e transbordaram.

Considerando esse cenário, observa-se que o município de João Dourado/BA não possui um sistema de DMAPU adequado e também não existem instrumentos de planejamento e gestão e de gestão de riscos sendo implementados, de modo a contribuir para um melhor planejamento de medidas preventivas para os impactos de tais eventos. A classificação de média vulnerabilidade considera o baixo nível de impermeabilização do solo, devido à

pequena área do município que é considerada urbana, bem como a implementação de uma infraestrutura mínima para a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas.



Figura 5.24 - Registro de alagamentos no município de João Dourado//BA, no ano de 2021.

(Fonte; G1. COM. Acesso em julho de 2023).

Embora seja um município da região do Semiárido brasileiro, em que a ocorrência de eventos de precipitação é baixa, é necessário que o município adote medidas mínimas que o prepare para uma melhor resposta a eventos extremos. Nesse sentido, pode-se afirmar que, embora o município apresente risco reduzido de um desastre hidrológico, devido à baixa probabilidade de ocorrência de um perigo, ele ainda apresenta um nível considerável de vulnerabilidade urbana a alagamentos e a ocorrência de eventos extremos de precipitação pode resultar em impactos significativos para a população. A partir do índice definido para esse município, pode-se afirmar que a classificação de média vulnerabilidade para João Dourado/BA é adequada, considerando as variáveis analisadas no presente estudo.

Após a análise de João Dourado/BA, observou-se que outros municípios do estado da Bahia também sofreram o mesmo evento de precipitação, destacando-se os municípios de Itororó, Itabuna, Itajuípe e Nova Ibiá, que fazem parte da amostra deste estudo e tiveram seus índices gerais de vulnerabilidade urbana a alagamentos definidos. Ressalta-se que a maior parte dos municípios com registro de ocorrência de alagamentos no evento de 25 de dezembro de

2021, no estado da Bahia, não participaram do SNIS-AP nos anos de coleta de dados, o que impossibilita a análise de sua vulnerabilidade.

Com base nos dados do S2ID, no dia 25/12/2021, 8 municípios da Bahia registraram a ocorrência de alagamentos, incluindo João Dourado. Tais eventos resultaram em 1 óbito, 20 feridos, 2.173 desabrigados e 9.990 desalojados, com o total de 25.460 habitantes afetados de alguma forma. O dano material total foi na ordem de R\$ 32,9 milhões e o prejuízo total alcançou R\$ 19,3 milhões. Dos municípios com registro no S2ID, apenas João Dourado teve seu índice de vulnerabilidade definido.

Os demais municípios que sofreram o mesmo evento de precipitação, identificados em notícias publicadas, e que tiveram seus índices de vulnerabilidade definidos foram analisados quanto à sua resposta ao evento.

Tabela 5.9 - Análise dos municípios do estado da Bahia - evento de precipitação em 25/12/2021.

Município	Semiárido	Classificação de vulnerabilidade	População Total	Parcela de área urbana em relação à área total	Município crítico
Itabuna	Não	Média	214.123	10,85%	Sim
Itajuípe	Sim	Média	20.309	25,85%	Não
Itororó	Não	Alta	20.394	99,77%	Sim
Nova Ibiá	Não	Média	6.518	0,64%	Não

Com base nas notícias publicadas, os quatro municípios listados na Tabela 5.9 apresentaram a ocorrência de alagamentos, em que vias foram interditadas, casas e estabelecimentos comerciais foram invadidos pela água da chuva, o deslocamento nas cidades foi interrompido ou ocorreu de forma lenta, resultando em horas de engarrafamento. Os municípios de Itabuna e Itajuípe tiveram situação de emergência decretada. De modo geral, os impactos nesses municípios foram similares, assim como a sua classificação de média vulnerabilidade.

O município de Itajuípe faz parte da região do Semiárido brasileiro, ou seja, está sujeito ao baixo índice de precipitação. Trata-se de um município com população de menos de 30 mil habitantes e área urbana equivalente a cerca de 25% de seu território. O município apresenta 78,6% de suas vias urbanas com pavimento e meio-fio e a cobertura com redes ou canais de águas pluviais é de cerca de 15%, com um sistema de DMAPU implementado e densidades de captações e poços de visitas dentro do que é recomendado. No que se refere à

implementação de instrumentos de planejamento e gestão e de gestão de risco, o município não adota nenhuma das medidas avaliadas no presente estudo. Também são identificados 12,5% de seus domicílios em situação de risco de inundação. Esse cenário mostra que o município não possui um sistema de DMAPU adequado, bem como o planejamento e a gestão da drenagem e do manejo das águas pluviais urbanas é deficiente, uma vez que não são implementados instrumentos que contribuem para uma melhor tomada de decisão, bem como para a prevenção dos impactos de eventos extremos.

Observa-se que o município de Itajuípe, assim como João Dourado, apresenta a classificação de média vulnerabilidade. Ambos municípios pertencem ao Semiárido e apresentam deficiências na gestão dos serviços de DMAPU. Embora sejam caracterizados pelo baixo índice pluviométrico, é necessário que medidas mínimas sejam adotadas para evitar grandes impactos para a população frente a eventos extremos, o que contribuiriam para a redução de sua vulnerabilidade. Com isso, é possível afirmar que o índice definido para Itajuípe, classificando-o com média vulnerabilidade urbana a alagamentos, é coerente e as autoridades responsáveis devem buscar aprimorar os sistemas e a gestão da drenagem e do manejo das águas pluviais urbanas, de modo a garantir melhores condições de respostas do município frente a eventos hidrológicos extremos.

O município de Itabuna possui uma população total de mais de 200 mil habitantes, sendo que 98% está alocada na área urbana, que corresponde a apenas 11% de seu território. Trata-se de um município com baixo índice de impermeabilização do solo, uma vez que a maior parte do município é área rural e a taxa de cobertura com pavimento e meio-fio é de apenas 23,3%. No que se refere à infraestrutura de DMAPU, existe sistema de drenagem implementado, com densidade de captações e poços de visitas dentro do que é recomendado, no entanto, a taxa de cobertura com redes ou canais de águas pluviais é de apenas 6%. O município realiza o cadastro técnico de obras lineares, mas não implementa outros instrumentos de planejamento e gestão, como o Plano Diretor de DMAPU. No que se refere aos instrumentos de gestão de risco, o município não realiza o mapeamento das áreas de risco e 30,2% de seus domicílios estão em situação de risco de inundação, no entanto, existem instituições de resposta a desastres atuando no município e o mesmo também possui sistema de alerta de risco hidrológico.

Nesse cenário, observa-se que o município de Itabuna apresenta um baixo índice de impermeabilização do solo, uma infraestrutura de DMAPU mínima e a adoção de

instrumentos de planejamento e de gestão de risco que, associados entre si, contribuem para a redução da vulnerabilidade do município, classificando-o com média vulnerabilidade.

O evento do dia 25/12/2021 foi considerado extremo pelas autoridades do estado da Bahia, resultando na decretação de situação de emergência em diversos municípios, incluindo Itabuna, que apresenta média vulnerabilidade aos eventos de alagamentos e possui uma gestão da drenagem e do manejo das águas pluviais urbanas mínima. No entanto, a precipitação registrada nesse evento foi muito superior ao que se é esperado para todo o ano, resultando em grandes impactos para o estado da Bahia. A ocorrência de um evento extremo pode causar impactos significativos para a população, pois muitas das vezes tais eventos superam os parâmetros de projeto adotados nos sistemas implementados. Nesse caso, embora o município de Itabuna tenha média vulnerabilidade a alagamentos, o evento extremo registrado causou impactos para a população, o que mostra a necessidade de preparação das autoridades em responder a tais eventos, buscando por informações que possam prever tais ocorrências, de modo a permitir que a população se prepare para esse tipo de evento.

Por fim, analisou-se os municípios de Itororó e Nova Ibiá, que apresentam características urbanas opostas, e são classificados com alta e média vulnerabilidade, respectivamente. O município de Itororó possui cerca de 100% de seu território e de sua população considerados urbanos. Trata-se de um município crítico, que realiza o cadastro técnico de obras lineares e possui obras e projetos para o sistema de DMAPU em andamento. Em relação à infraestrutura de DMAPU, o município possui sistema implementado, com cobertura de redes ou canais de águas pluviais em mais de 50% de suas vias urbanas. A taxa de pavimentação e meio-fio destas vias é de 80,2%, o que indica um alto índice de impermeabilização do território. O município também implementa instrumentos de gestão de risco, como o mapeamento das áreas de risco e a existência de uma instituição de resposta a desastres.

No caso de Itororó, a classificação de alta vulnerabilidade se dá devido ao fato do município apresentar um alto nível de impermeabilização do território, associado à ausência de alguns instrumentos de planejamento e gestão e de gestão de risco. Ao passar por um evento extremo, tais condições contribuem para o aumento dos impactos sobre a população, sendo necessário que o gestor público busque por medidas que reduzam a vulnerabilidade do município, como a ampliação do sistema de DMAPU, a implementação de novos

instrumentos de planejamento e gestão, bem como a adoção de medidas de drenagem sustentável que contribuam para o amortecimento de cheias.

Em contrapartida, o município de Nova Ibiá apresenta menos de 1% de sua área considerada urbana, o que indica a baixa impermeabilização do solo. No entanto, o município não implementa nenhum instrumento de planejamento e gestão e de gestão de risco analisados neste estudo. Embora tenha sistema de drenagem implementado, a cobertura das vias com redes ou canais de águas pluviais é de apenas 10%, embora cerca de 85% de suas vias tenham cobertura com pavimentos e meio-fio. Esse cenário mostra que o município não possui uma gestão da drenagem e do manejo das águas pluviais urbanas adequados, com a ausência de instrumentos que contribuem para a melhor resposta frente a eventos hidrológicos impactantes. A classificação de média vulnerabilidade é coerente para o município, considerando as variáveis analisadas, e isso contribui para o aumento dos impactos sobre a população frente a um evento extremo, como o registrado em 25/12/2021.

A análise dos municípios da Bahia, que passaram pelo mesmo evento hidrológico, mostra que municípios com as características similares, como João Dourado e Itajuípe, tendem a apresentar a mesma classificação de vulnerabilidade. Municípios com uma melhor estrutura de gestão de DMAPU, tendem a ter menor vulnerabilidade a alagamentos. A classificação de alta vulnerabilidade pode ser atribuída a municípios que possuem altos níveis de impermeabilização do solo, como é o caso de Itororó. No que refere a município que possuem evidentes deficiências na gestão de DMAPU, como é observado em Nova Ibiá, a classificação de média vulnerabilidade demonstra a necessidade de melhorias no sistema, mesmo em municípios considerados rurais e de pequeno porte.

Embora os municípios analisados no estado da Bahia tenham uma classificação de vulnerabilidade distinta, observa-se que, frente a um evento hidrológico extremo, a resposta a tal evento foi similar, sendo identificados significativos impactos para a população. Isso mostra que a ocorrência de um evento extremo, que ultrapasse os parâmetros adotados nos projetos de DMAPU, pode resultar em grandes impactos para a população, mesmo em municípios com baixos níveis de vulnerabilidade urbana a alagamentos. Entretanto, os impactos tendem a ser mais severos em municípios cuja gestão de DMAPU seja mais precária, o que reforça a necessidade de atenção, por parte dos gestores públicos, para a adequação dos sistemas e instrumentos implementados na gestão de DMAPU.

De modo geral, considerando os municípios analisados, o Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos definido no presente estudo tende a ser coerente com a realidade do município, sendo observado que a adoção de medidas de planejamento e gestão e de gestão de risco contribuem significativamente para a redução da vulnerabilidade do município e, conseqüentemente, dos impactos para a população. Em outros casos, observa-se que, em município com altos níveis de impermeabilização do solo, é necessário buscar a adequação do sistema de DMAPU implementado, de modo a se reduzir a sua vulnerabilidade a alagamentos. Por fim, municípios que passam por eventos extremos, que ultrapassam os parâmetros de projeto, tendem a ter impactos significativos para a população, em particular naqueles que possuem alta vulnerabilidade a tais eventos.



## 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com o objetivo de analisar a vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros, o presente estudo utilizou os dados do SNIS-AP para a elaboração de um índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos. Considerou-se uma amostra composta pelos municípios que participaram de todas as coletas anuais do SNIS-AP, a partir do ano de 2017, e uma base dados com as variáveis do sistema que estavam relacionadas à temática da vulnerabilidade urbana a alagamentos. A aplicação da Análise das Componentes Principais (ACP) foi utilizada para a definição das variáveis chaves que auxiliam na análise da vulnerabilidade, bem como para a posterior definição do índice proposto.

As variáveis selecionadas para compor a ACP foram categorizadas em Planejamento, Infraestrutura, Gestão de Risco e Drenagem sustentável e Manutenção, de modo a se identificar a vulnerabilidade dos municípios em diferentes aspectos. O uso da ACP se mostrou adequado para o objetivo de reduzir o número de variáveis da análise, bem como para agrupar tais variáveis de acordo com características similares, o que permitiu a análise, posterior, por classes. Os valores de escores, resultantes da ACP para cada município, foram utilizados na definição do índice de vulnerabilidade, após serem normalizados.

Embora as variáveis selecionadas para o presente estudo sejam limitadas, considerando-se apenas aquelas de preenchimento obrigatório no SNIS-AP e aquelas que se referem às questões de alagamentos, observou-se que a ACP foi capaz de relacionar tais variáveis, de modo a se identificar as categorias que mais influenciam na vulnerabilidade urbana a alagamentos dos municípios.

É importante destacar que das 126 variáveis do SNIS-AP, apenas 31 foram consideradas no presente estudo. Esse ponto destaca a necessidade do sistema em ampliar os campos de preenchimento obrigatório, uma vez que se observou que os prestadores de serviços tendem a não responder campos que não são de preenchimento obrigatório, resultando em uma base com muitos dados faltantes.

A definição do Índice de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos para cada uma das categorias definidas permitiu a avaliação detalhada da base de dados do SNIS-AP, sendo possível identificar aquelas que atuam como agravantes ou atenuantes para a vulnerabilidade dos municípios brasileiros, bem como, identificou-se, também, que a categoria de gestão de risco tem significativa influência na redução ou no aumento dos índices de vulnerabilidade.

No que se refere às variáveis da categoria planejamento, esperava-se que municípios com maiores densidades demográfica e de imóveis apresentassem alta ou muito alta vulnerabilidade, devido ao alto índice de impermeabilização do solo. No entanto, é importante destacar que a maior parte dos municípios da amostra apresenta menos de 40% de sua área total considerada como urbana, o que reduz a porção impermeabilizada de seu território. Além disso, é importante destacar, também, que a maior parte dos municípios da amostra, mais de 70%, são considerados de pequeno porte, com até 30 mil habitantes, que tendem a apresentar uma menor parcela de área urbana.

Ressalta-se, ainda, que por meio da análise dos dados brutos do SNIS-AP, identificou-se significativas inconsistências na categoria infraestrutura, o que demonstra a necessidade de aperfeiçoamento em avisos e erros que são emitidos pelo sistema no momento do preenchimento dos formulários, bem como nas análises de consistências e no cálculo de alguns indicadores. O SNIS-AP é a principal base de dados nacionais sobre infraestruturas de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas no Brasil, por este motivo é essencial que os dados sejam consistentes de modo a apresentar uma maior confiabilidade para seus usuários.

Destaca-se, ainda, a necessidade do presente estudo de se propor novos indicadores que relacionassem informações do SNIS-AP cuja análise individualizada não possibilitava a comparação entre municípios. No que se refere à base de dados do SNIS-AP, observa-se que algumas variáveis não são adequadas para a análise comparativa entre municípios, no entanto, é possível trabalhar tais variáveis de modo a se obter indicadores caracterizadores de diferentes aspectos.

A partir do Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos, definido como a soma dos índices padronizados para cada categoria, foi possível identificar 406 municípios com alta ou muito alta vulnerabilidade, dos quais 15 estão localizados no Norte, o que corresponde a 3,3% dos municípios dessa macrorregião, 67 no Nordeste (3,7% do total de municípios da região), 170 no Sudeste (10,2% dos municípios totais da região), 129 no Sul, sendo 10,8% dos municípios totais da região, e 25 no Centro-Oeste (5,4% do total de municípios da região). Ressalta-se que a macrorregião Norte não apresenta nenhum município com muito alta vulnerabilidade.

Com base nos resultados, é possível observar que para a redução da vulnerabilidade urbana a alagamentos em municípios brasileiros é necessário que medidas de planejamento e de

gestão de risco, bem como a implementação de infraestruturas de DMAPU adequadas e de drenagem sustentável e de manutenção sejam adotadas pelos municípios. No que se refere a eventos hidrológicos impactantes, o planejamento e a gestão de riscos hidrológicos eficientes podem ser decisivos para o aumento ou para a redução da vulnerabilidade.

Considerando aqueles municípios que apresentam deficiências nas infraestruturas de DMAPU, que são a maior causa de ocorrência de alagamentos, observa-se que outras medidas como a adoção de instrumentos de planejamento e gestão, bem como de gestão de risco e a implementação de infraestrutura de drenagem sustentável podem contribuir para a redução da vulnerabilidade urbana a alagamentos nesses municípios e conseqüentemente reduzir os impactos na população. Tais medidas podem ser uma solução viável, principalmente em municípios que necessitam adequar sistemas já implementados ou resolver problemas em áreas urbanas já consolidadas, mas que não possuem a infraestrutura adequada.

De modo geral, após a validação, considerando os municípios analisados, pode-se afirmar que o Índice Geral de Vulnerabilidade Urbana a Alagamentos definido no presente estudo tende a ser coerente com a realidade do município, sendo observado que a adoção de medidas de planejamento e de gestão de risco contribuem significativamente para a redução da vulnerabilidade do município e, conseqüentemente, dos impactos para a população. Em outros casos, observa-se que, em município com altos níveis de impermeabilização do solo, é necessário buscar a adequação do sistema de DMAPU implementado, de modo a se reduzir a sua vulnerabilidade a alagamentos.

A partir dos resultados, observou-se, também, que a avaliação de grandes municípios, como São Paulo/SP e Belo Horizonte/MG, com o objetivo de validar o índice construído é mais complexa, uma vez que grandes municípios tendem a ter diferentes caracterizações em seu território, o que dificulta a análise de impactos dos eventos hidrológicos. Ao analisar municípios de menor porte, a validação pode ser facilitada, uma vez que é possível analisar os impactos de eventos mais pontuais.

O presente estudo elaborou um índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos para municípios brasileiros considerando aspectos de planejamento, infraestrutura, gestão de risco e drenagem sustentável e manutenção. Diferentemente dos estudos encontrados na literatura, que focam suas análises nos eventos de inundações e em aspectos socioeconômicos da vulnerabilidade, esse estudo buscou analisar a ocorrência de eventos de

alagamentos considerando as deficiências nos sistemas de DMAPU implementados no Brasil. A análise realizada vai além dos municípios que apresentam corpos hídricos em suas áreas urbanas, sendo esse um fator que contribui para a ocorrência de inundações, mas busca alcançar as mais diversas configurações municipais do país, incluindo aqueles que pertencem à região do Semiárido brasileiro e municípios considerados de pequeno porte.

O índice de vulnerabilidade definido nesse estudo permite identificar os aspectos relacionados à Drenagem e ao Manejo das Águas Pluviais Urbanas que mais influenciam na vulnerabilidade dos municípios, sendo uma importante e inovadora ferramenta para a gestão das águas urbanas, uma vez que permite ao tomador de decisões conhecer as deficiências em sua gestão que podem colocar em risco a qualidade de vida da população e das infraestruturas das cidades e assim concentrar esforços para implementar medidas que contribuam para a redução da vulnerabilidade de seu município.

Pode-se afirmar que as dimensões física e institucional da vulnerabilidade foram minimamente contempladas nesse estudo, no entanto, as dimensões econômica, ambiental e social não foram consideradas, uma vez que as variáveis do SNIS ou não tratam desses assuntos ou ainda são incipientes no cenário de DMAPU, como é o caso dos aspectos econômico-financeiros.

É importante destacar que, embora o estudo tenha alcançado os resultados pretendidos, ainda é necessário realizar a sua ampliação, de modo a incorporar o maior número de municípios possíveis na análise, bem como ampliar as variáveis consideradas, com o objetivo de se inserir na construção do índice os aspectos sociais, econômicos e ambientais da vulnerabilidade. A ausência de registros oficiais acerca de eventos de alagamentos e de seus impactos para a população é um fator limitante para a validação do índice, impedindo que um número maior de municípios seja analisado e tenha seus índices validados. Observa-se, ainda, a necessidade de disseminar o conhecimento das diferenças entre eventos de inundações e alagamentos, sendo essa diferenciação essencial para a adoção de medidas preventivas e mitigadoras para seus diversos impactos.

Nesse sentido, recomenda-se que estudos futuros levem em consideração as demais dimensões da vulnerabilidade, de modo a se obter um índice o mais completo possível, uma vez que os aspectos econômicos, sociais e ambientais podem ser de grande influência para classificação de vulnerabilidade dos municípios brasileiros. Além de considerar as demais dimensões da vulnerabilidade, recomenda-se, também, uma análise integrada, considerando

os demais componentes do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos), uma vez que eles exercem significativa influência no sistema de DMAPU dos municípios. Espera-se, ainda, que os trabalhos futuros busquem integrar outros aspectos urbanos, como políticas de zoneamento, de uso e ocupação do solo, de saúde, entre outros.

Embora o índice definido nesse estudo tenha se mostrado representativo para os municípios analisados, é necessário ampliar o processo de validação por meio da análise de outros municípios, enfatizando a validação daqueles de pequeno porte nos quais é possível analisar os impactos de eventos pontuais, bem como incorporar a essas análises questões hidrológicas, como a avaliação de eventos de precipitação extremos e seus tempos de retorno. Ressalta-se, também, a necessidade de ampliação da análise de modo a incorporar questões de topografia, objetivando a análise das características fisiográficas dos municípios a partir da integração com dados de geoprocessamento.

No que se refere à base de dados utilizada neste estudo, recomenda-se aos gestores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) o aperfeiçoamento de avisos e erros que são emitidos pelo sistema no momento do preenchimento, bem com a revisão da relação entre as variáveis, sendo necessário adequar a habilitação para o preenchimento de acordo com dependência de algumas informações. É necessário, ainda, avaliar a possibilidade de aumentar o número de campos obrigatórios, de modo a garantir que diferentes aspectos da drenagem e manejo das águas pluviais urbanas sejam abordados pelo sistema, como é o caso das variáveis referentes às soluções de drenagem sustentável. As análises de consistências realizadas pela equipe técnica também devem ser aprimoradas, de modo a se minimizar inconsistências que eventualmente passem pelo preenchimento, bem como é recomendado, também, que justificativas para tais inconsistências sejam apresentadas em todas as bases de dados do SNIS-AP, incluindo as planilhas publicadas.

No que se refere aos eventos hidrológicos impactantes, recomenda-se ao SNIS-AP a coleta de informações referente aos seus impactos de forma discretizada por tipo de evento, bem como a ampliação da disseminação das diferenças entre tais eventos, principalmente no que diz respeito às inundações e aos alagamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- \_\_\_\_\_. G1.COM. (2021). VÍDEO: Mulheres caminham com água na altura do peito em estrada alagada após chuva na Bahia. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2021/12/24/video-mulheres-caminham-com-agua-na-altura-do-peito-em-estrada-alagada-apos-chuva-na-bahia.ghhtml>>.
- \_\_\_\_\_. G1.COM. (2021). Chuvas fortes voltam a causar estragos e inundações na Bahia; governador manda criar base de apoio em Ilhéus, no sul do estado. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2021/12/25/governador-rui-costa-determina-instalacao-de-base-de-apoio-em-ilheus-no-sul-da-bahia-por-cao-da-chuva.ghhtml>>.
- \_\_\_\_\_. G1.COM. (2021). Temporal provoca alagamentos e queda de árvores na cidade de SP nesta quarta-feira. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2021/02/17/cidade-de-sp-entra-em-estado-de-atencao-para-alagamentos-com-chuva-forte-nesta-quarta-feira.ghhtml>>.
- \_\_\_\_\_. G1.COM. (2021). Chuva forte provoca alagamentos e queda de árvores na cidade de São Paulo. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2021/03/19/chuva-forte-deixa-cidade-de-sao-paulo-em-estado-de-atencao-para-alagamentos-nesta-sexta-feira.ghhtml>>.
- \_\_\_\_\_. G1.COM. (2021). Chuva forte transborda córregos, fecha avenidas em São Paulo e causa desabamento em Embu das Artes neste domingo. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2021/01/10/chuva-deixa-todas-as-regioes-da-cidade-de-sao-paulo-em-estado-de-atencao-para-alagamentos.ghhtml>>.
- \_\_\_\_\_. G1.COM. (2021). Chuva forte transborda córregos, fecha avenidas em São Paulo e causa desabamento em Embu das Artes neste domingo. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2021/01/10/chuva-deixa-todas-as-regioes-da-cidade-de-sao-paulo-em-estado-de-atencao-para-alagamentos.ghhtml>>.
- \_\_\_\_\_. G1.COM. (2021). Chuva forte provoca alagamentos e deixa bairros de SP em estado de atenção. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2021/12/13/chuva-forte-deixa-bairros-de-sp-em-estado-de-atencao.ghhtml>>.

- \_\_\_\_\_. GOOGLE.COM. (2023). Alagamentos em Belo Horizonte em 2021. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://www.google.com/search?q=alagamentos+em+belo+horizonte+em+2021&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>.
- \_\_\_\_\_. JORNAL ESTADO DE MINAS GERAIS. (2021). BH registra pontos de alagamento e pessoas ilhadas durante a chuva. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <[https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2021/12/03/interna\\_gerais,1328276/bh-registra-pontos-de-alagamento-e-pessoas-ilhadas-durante-a-chuva.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2021/12/03/interna_gerais,1328276/bh-registra-pontos-de-alagamento-e-pessoas-ilhadas-durante-a-chuva.shtml)>.
- \_\_\_\_\_. G1.COM. (2021). Chuva causa alagamentos e quedas de árvore e muro de arrimo em Belo Horizonte. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2021/02/22/chuva-causa-alagamentos-quedas-de-arvore-e-muro-de-arrimo-em-belo-horizonte.ghtml>>.
- \_\_\_\_\_. G1.COM. (2021). Chuva provoca alagamentos em vários pontos de Belo Horizonte. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2021/10/18/risco-de-transbordamentos-de-corregos-em-bh-provoca-bloqueios-em-avenidas-de-varias-partes-da-cidade.ghtml>>.
- \_\_\_\_\_. G1.COM. (2021). Chuva forte provoca alagamentos em BH. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2021/05/31/chuva-forte-provoca-alagamentos-em-bh.ghtml>>.
- \_\_\_\_\_. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/>>.
- ABSON, D. J.; DOUGILL, A. J.; STRINGER, L. C. (2012). Using Principal Component Analysis for information-rich socio-ecological vulnerability mapping in Southern Africa. *Applied Geography*, v. **35**, n. 1–2, p. 515–524.
- ADASA. (2018). *Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal*. Distrito Federal, 329p.
- BALICA, S. F.; DOUBEN, N.; WRIGHT, N. G. (2009). Flood vulnerability indices at varying spatial scales. *Water Science and Technology*. v. **60**, n. 10. p. 2571-2580.
- BALICA, S. F.; WRIGHT, N. G.; VAN DER MEULEN, F. (2012). A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Natural Hazards*. v. **64**. p. 73-105.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. (2005). *Técnicas Compensatoria em Drenagem Urbana*. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 266p.

- BATTISTI, I. D. E.; SMOLSKI, F. M. S. (2019). *Software R: curso avançado*. Universidade Federal da Fronteira Sul. Disponível em: <<https://smolski.github.io/livroavancado/index.html>>
- BIRKMANN, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards*. United Nations University, Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS). 12p.
- BIRKMANN, J. (2013). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies and to enhance adaptation: Discussion of conceptual frameworks and definitions, in J. Birkmann (editor), *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*, Second edition, United Nations University, New York. 9–79p.
- BORGES, M. C. P; LIMA, C. H. R.; ABREU, S. B. (2022). The Brazilian National System for Water and Sanitation Data (SNIS): Providing information on a municipal level on water and sanitation services. *Journal of Urban Management*, v. **11**, n. 4, p. 530–542.
- BRASIL. Decreto nº 7.217. (2010). Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.
- BRASIL. Lei Federal nº 11.445. (2007). Estabelece 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, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978.
- BRASIL. Lei Federal nº 14.026. (2020). Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.



- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. (2012). Classificação e codificação brasileira de desastres (Cobrade): categoria, grupo, subgrupo, tipo, subtipo. Brasília: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil.
- BRASIL. (2015). *Relatório Anual de Avaliação do PPA 2012-2015: ano base 2014*. v. I, p. 147.
- BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. (2007). *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 176p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. (2018). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2015*. Brasília: SNS/MDR. 190p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. (2019). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 3º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2018*. Brasília: SNS/MDR. 185p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. (2020). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 4º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2019*. Brasília: SNS/MDR. 185p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. (2020). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 4º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2019 – ANEXO: Glossário de Informações*. Brasília: SNS/MDR. 64p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. (2022a). Atlas Digital de Desastres no Brasil. Brasília: MDR. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<http://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/index.xhtml>>
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. (2022b). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico Temático - Visão Geral dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas - 2021*. Brasília: SNS/MDR. 61p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. (2022c). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos*

*serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2021, ANEXO: Glossário de Informações*. Brasília: SNS/MDR. 66p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. (2022c). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2021, ANEXO: Glossário de Indicadores*. Brasília: SNS/MDR. 9p.

BRASIL. (2020). *Manual Para Apresentação De Propostas Para Sistemas De Drenagem Urbana Sustentável E De Manejo De Águas Pluviais*. 37p.

BUTLER, D.; DAVIES, J. W. (2011). *Urban Drainage*. Spon Press, New York, E.U.A., 652p.

CENTRO DE GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS DA PREFEITURA DE SÃO PAULO. (2023). *Alagamentos*. São Paulo. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://www.cgesp.org/v3/alagamentos.jsp>>.

COSTA, L.; KROPP, J. P. (2013). Linking components of vulnerability in theoretic frameworks and case studies. *Sustainability Science*, v. **8**, n. 1, p. 1–9.

CPRM. (2017). *Processos Hidrológico: Inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos na geração de áreas de risco*. In Curso de Capacitação de Técnicos Municipais para Prevenção e Gerenciamento de Riscos de Desastres Naturais. 02 a 06 de outubro de 2017. Vitória/ES.

CUTTER, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, v. **20**. 529 - 539p.

CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, v. **84**, n. 2, p. 242–261.

DUNNING, M. C.; DURDEN, S. (2013). *Social Vulnerability Analysis : A Comparison of Tools*. IWR White Paper, n. February, p. 1–34.

EM-DAT. (2023). The International Disaster Database. “Natural disasters, Brazil: Country Profile”. Acesso em julho de 2023. Disponível em: <<https://www.emdat.be/>>

FERNANDEZ, P.; MOURATO, S.; MOREIRA, M.; PEREIRA, L. (2016). A new approach for computing a flood vulnerability index using cluster analysis. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. **94**. p. 47-55.

FERRAZ, C. M. L. (2021). Inundações e alagamentos em meio urbano: uma perspectiva teórico-conceitual, em abordagem geomorfológica. *Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas*, n. 2238–6424, p. 1–17.

- GONÇALVES, S. T. N.; JUNIOR, F. C. V.; SAKAMOTO, M. S.; SILVEIRA, C. S.; MARTINS, E. S. P. R. (2021). Índices e metodologias de monitoramento de secas: uma revisão. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. **36**, n. 3, p. 495–511.
- GRAN CASTRO, J. A.; ROBLES, S. L. R. (2019). Climate change and flood risk: vulnerability assessment in an urban poor community in Mexico. *Environment and Urbanization*, v. **31**, n. 1, p. 75–92.
- HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. (2010) *Multivariate data analysis*. Australia: Cengage, 7<sup>a</sup> ed., 758p.
- HAYTON, J. C.; ALLEN, D. G.; SCARPELLO, V. (2004) Factor Retention Decisions in Exploratory Factor Analysis: A Tutorial on Parallel Analysis. *Organizational Research Methods*, v. **7**, n. 2, p. 191–205.
- IBGE. (2010). Atlas do Censo Demográfico - Urbanização. *Atlas do Censo Demográfico - Urbanização*.11p.
- IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582p.
- KAISER, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*. *Educational and Psychological Measurement*, v. **20**, n. 1, p. 141–151.
- KELLAGHER, R. BALLARD, B. W.; WILSON, S.; UDALE-CLARKE, H.; ILLMAN, S.; SCOTT, T.; ASHLEY, R. (2015). *The SUDS manual*. CIRIA, 968p.
- LIMA, C. H. R.; Lall, U.; Souza Filho, F. A. (2007). Variabilidade e Telecomunicações Climáticas Associadas às Afluências Naturais ao Sistema Hidroelétrico Brasileiro. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.18p.
- MATOS, D. A. S.; RODRIGUES, E. C. (2019). *Análise Fatorial*. Enap, Brasília. 74 p.
- MAVHURA, E. (2019). Analysing drivers of vulnerability to flooding: a systems approach. *South African Geographical Journal*, v. **101**, n. 1, p. 72–90.

- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, 6p.
- MENDONÇA, E. C. (2009). Metodologia para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 171p.
- MESSNER, F.; MEYER, V. (2005). Flood damage, vulnerability and risk perception - challenges for flood damage research. UFZ Discussion Paper, No. 13/2005, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Leipzig. 26p.
- MIGUEZ, M. G.; DI GREGÓRIO, L. T.; VERÓL. A. P. (2018). *Gestão de riscos e desastres hidrológicos*. 1ª ed., Elsevier, Rio de Janeiro, 340p.
- MILOGRANA, J. (2009). Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH. TD – 05/09, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 316p.
- NUCASE. (2007). Técnicas Compensatórias para o Controle de Cheias Urbanas. *Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental - ReCESA*, Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental, 52 p.
- PEREIRA, P. P.; ITO, A. H. (2017). "Efeitos da urbanização e soluções sustentáveis para o sistema de drenagem". *Synergismus scyentifica UTFPR*, p. 183–195.
- PEREZ, L. P. (2013). Índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos e deslizamentos de terra, em função de eventos extremos de clima, na Região Metropolitana de São Paulo: uma proposta de método. Tese de doutorado. Departamento de Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo. 115 p.
- RASCH, R. J. (2015). Assessing urban vulnerability to flood hazard in Brazilian municipalities. *Environment & Urbanization* Copyright. International Institute for Environment and Development (IIED). v. **28**: 145–168p.
- RIGHETTO, A. M. (2009). "Manejo De Águas Pluviais Urbanas". *Prosab - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - Abes*, p. 396.
- ROMERO-LANKAO, P.; QIN, H.; DICKINSON, K. (2012). Urban vulnerability to temperature-related hazards: A meta-analysis and meta-knowledge approach. *Global Environmental Change*, v. **22**. 670–683p.

- RUDIARTO, I.; Pamungkas, D. (2020). Spatial exposure and livelihood vulnerability to climate-related disasters in the North Coast of Tegal City, Indonesia. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, v. **8**, n. 3, p. 34–53.
- SALES, E. S. G.; MATSUNAGA, W. K.; NUNES, M. M. A. M.; CAMPOS, J. H. B. C.; ARRAUT, J. M.; BRITO, J. I. B. (2021). Classificação de áreas semiáridas e subúmidas secas utilizando diferentes índices climáticos. *Revista Brasileira de Geografia*, v. **2**, p. 758–769.
- SAMPAIO, T. Q.; PIMENTEL, J.; SILVA, C. R.; MORENO, H. F. (2013). A atuação do serviço geológico do Brasil – CPRM na gestão de riscos e resposta a desastres. In: *VI Congresso de Gestão Pública*. p. 1-26.
- SENE, K. (2008). *Flood Warming, Forecasting and Emergency Response*. Springer Science + Business Media B.V. 304 p.
- SCHEUER, S.; HAASE, D.; MEYER, V. (2011). Exploring multicriteria flood vulnerability by integrating economic, social and ecological dimensions of flood risk and coping capacity: from a starting point view towards an end point view of vulnerability. *Nat Hazards*, Springer Science+Business Media B.V. 21p.
- SCHMIDTLEIN, M. C.; DEUTSCH, R. C.; PIEGORSCH, W. W.; CUTTER, S. L. (2008). A sensitivity analysis of the social vulnerability index. *Risk Analysis*, v. **28**, n. 4, p. 1099–1114.
- SCHMIDTLEIN, M. C.; SHAFER, J. M.; BERRY, M.; CUTTER, S. L. (2011). Modeled earthquake losses and social vulnerability in Charleston, South Carolina. *Applied Geography*, v. **31**, n. 1, p. 269–281.
- SCHNEIDERBAUER, S.; EHRLICH, D. (2004). Risk, hazard and people's vulnerability to natural hazards: a review of definitions, concepts and data. Joint Research Centre, European Commission, Directorate-General. 42p.
- SUDERHSA. (2002). *Manual de Drenagem Urbana*. Manual de drenagem urbana: região metropolitana de Curitiba, p. 1–150.
- TAPSELL, S.; MCCARTHY, S.; FAULKNER, H.; ALEXANDER, M. (2010). *Social Vulnerability and Natural Hazards*. CapHaz-Net WP4 Report, Flood Hazard Research Centre – FHRC, Middlesex University, London. v. **7**, 2ª ed. 93 p.
- TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. (2013). *Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica*. Ministério do Meio Ambiente. v. **53**. 302p.
- TUCCI, C. E. M. (1997). "Água No Meio Urbano". In: *Livro água doce*. p. 1–40.
- TUCCI, C. E. M. (2003). *Inundações e drenagem urbana. Inundações Urbanas na América*

*do Sul. ABRH*, p. 45–150.

TUCCI, C. E. M. (2008). "Águas Urbanas". *Estudos Avançados*, v. **22**, n. 63, p. 97–112.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (2003). *Inundações Urbanas Na América Do Sul*. ABRH, Porto Alegre. 156p.

UNDESA. (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. New York, E.U.A. [s.n.], 32p.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UN/ISDR). (2004). *Living with risk. A global review of disaster reduction initiatives*. 2004 version. UN Publications, Geneva. 457p.

WILKS, D. S. (2011). *Statistical methods in the atmospheric sciences / Daniel S. Wilks*. – 3° ed. 634 p.

WISNER, B.; BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I. (2003). *At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Second ed. Routledge, London. 134p.

## ANEXO A - RELAÇÃO DE VARIÁVEIS DO SNIS-AP - GLOSSÁRIO DE INFORMAÇÕES 2021

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

### Dados gerais (Geral)

#### GE001 - Área territorial total do município (Fonte: IBGE):

Área de todo o território do município, em km<sup>2</sup>. A área territorial total do município compreende as áreas urbana e rural.

**Bloco:** 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

**Unidade:** Quilômetros quadrados

#### GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas:

Área urbana total do município, incluindo as áreas urbanas isoladas, em km<sup>2</sup>. A área urbana é constituída pela área interna ao perímetro urbano de uma cidade ou vila, definida por lei municipal. A área urbana isolada também é definida por lei municipal e encontra-se separada da sede municipal ou distrital por área rural ou por algum outro limite legal.

**Bloco:** 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

**Unidade:** Quilômetros quadrados

#### GE005 - População total residente no município (Fonte: IBGE):

Valor da soma das populações urbana e rural residentes no município, incluindo as populações das áreas urbanas isoladas. É adotada no SNIS a estimativa realizada anualmente pelo IBGE, ou são adotadas as populações obtidas por meio de Censos demográficos ou Contagens populacionais, também do IBGE.

**Bloco:** 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

**Unidade:** Habitantes

#### GE006 - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo):

Corresponde à população residente apenas na área urbana do município. No SNIS é adotada uma estimativa que usa a respectiva taxa de urbanização do último Censo ou Contagem de População do IBGE, multiplicada pela população total estimada anualmente pelo IBGE. Quando da existência de dados de Censos ou Contagens populacionais do IBGE, estas serão as informações utilizadas.

**Bloco:** 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

**Unidade:** Habitantes

**GE007 - Quantidade total de imóveis existentes na área urbana do município:**

Valor da soma de todos os imóveis cadastrados no cadastro imobiliário ou cadastro de registro de imóveis, constituídos por: domicílios (unidades residenciais), unidades comerciais, unidades industriais, unidades de saúde, unidades públicas (escolas, prefeitura, hospitais etc) e outras unidades, existentes na área urbana do município, no ano de referência.

**Bloco:** 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

**Unidade:** Imóveis

**GE008 - Quantidade total de domicílios urbanos existentes no município:**

Valor da soma de todos os domicílios, cadastrados no cadastro imobiliário ou no registro de imóveis, ou estimados, existentes na área urbana do município, no ano de referência. Segundo o IBGE, domicílio é o local de moradia estruturalmente separado e independente, constituído por um ou mais cômodos. A separação fica caracterizada quando o local de moradia é limitado por paredes, muros, cercas etc, coberto por um teto, permitindo que os moradores se isolem, arcando com parte ou todas as suas despesas de alimentação ou moradia.

**Bloco:** 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

**Unidade:** Domicílios

**GE010 - Região Hidrográfica em que se encontra o município (Fonte: ANA):**

Região Hidrográfica que compreende a área em que o município está localizado. Segundo a Agência Nacional de Águas, Região Hidrográfica é o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

**Bloco:** 1.1 - Dados hidrográficos do município

**GE011 - Nome da(s) bacia(s) hidrográfica(s) a que pertence o município (Fonte: ANA):**

Identificação da(s) bacia(s) hidrográfica(s) a que pertence o município. Segundo a Agência Nacional de Águas, bacia hidrográfica é o espaço geográfico delimitado pelo respectivo divisor de águas cujo escoamento superficial converge para seu interior, sendo captado pela rede de drenagem que lhe concerne, seja em território nacional ou não.



**Bloco:** 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

**GE011L - Bacias Hidrograficas**

Bacias Hidrograficas

**Bloco:** 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

**GE012 - O município participa de Comitê de Bacia ou de Sub-bacia Hidrográfica organizado?**

Indicar se o município participa de Comitê de Bacia ou de Sub-Bacia Hidrográfica organizado. Comitê de Bacia (ou Sub-Bacia) é o órgão colegiado formado por representantes do poder público, usuários e sociedade civil com atribuições normativas, deliberativas e consultivas a serem exercidas na bacia hidrográfica de sua jurisdição.

**Bloco:** 1.1 - Dados hidrográficos do município

**GE999 - Observações, esclarecimentos ou sugestões**

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário Geral.

**Bloco:** 2 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

**GE016 - Município Crítico (Fonte: CPRM)**

Os municípios críticos para ação em drenagem urbana sustentável do Programa de Prevenção de Desastres Naturais do Governo Federal são os municípios brasileiros prioritários mapeados e setorizados pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil - com Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massas e Enchentes e cujo processo dominante seja decorrente de eventos hidrológicos críticos: inundação, enxurrada, enchente ou alagamento.

**Bloco:** 1 - Informações geográficas, demográficas e urbanísticas

### Dados sobre cobranças (Cobrança)

#### CB001 - Existe alguma forma de cobrança pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?

Informar se o município cobra ou não pela prestação (em razão do uso efetivo) ou disposição dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais. No caso do município não dispor de sistema de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas a resposta deverá ser NÃO.

**Bloco:** 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

#### CB002 - Qual é a forma de cobrança adotada?

Informar a forma de cobrança pelos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais: Opções: Cobrança de taxa específica; Cobrança de tarifa; Outra. No caso da cobrança de taxa específica, se a resposta for positiva, informar em CB 999 o número da Lei que a institui e a disciplina.

**Bloco:** 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

#### CB002A - Especifique qual é a forma de cobrança adotada:

Informar outras formas de cobrança que são adotadas para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em CB002.

**Bloco:** 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

#### CB003 - Quantidade total de imóveis urbanos tributados pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

Número total de imóveis existentes na área urbana do município que são tributados pela utilização ou possibilidade de utilização dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Os imóveis incluem: domicílios, unidades comerciais, unidades industriais, unidades de saúde, unidades públicas (escolas, prefeitura, hospitais etc) e outras unidades.

**Bloco:** 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**Unidade:** Imóveis

#### CB004 - Valor cobrado pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas por imóvel urbano:

**SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**

---

Valor médio mensal da cobrança por imóvel urbano pelo uso efetivo ou disposição dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Considera-se serviço à disposição aquele cujas infraestruturas e atividades operacionais estejam em funcionamento. Esta cobrança pode ser fixada em valor mensal ou anual, conforme estabelecido na legislação tributária municipal. Quando a taxa for anual, informar no campo CB004 o valor médio mensal.

**Bloco:** 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**Unidade:** R\$/Imóvel/Mês

**CB999 - Observações, esclarecimentos ou sugestões**

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário de Cobrança.

**Bloco:** 2 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

**CB010 - Informar a lei, decreto, resolução ou outro instrumento formal que institui a cobrança (exemplo: Lei nº X, de XXXX)**

Toda cobrança de taxa específica, tarifa ou preço público deve ser prevista em lei, informar a Legislação Municipal que institui a cobrança pelos serviços de DMAPU. Informar qual o tipo, número e ano da lei, decreto, resolução ou outro instrumento formal adotado.

**Bloco:** 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**Dados financeiros (Financeiro)**

**AD001 - Quantidade de pessoal próprio alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:**

Quantidade de empregados do órgão municipal ou prestador de serviços, constituídos por funcionários, dirigentes ou outros, alocados para atividades-fim dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas e postos permanentemente - e com ônus - à disposição do órgão municipal ou prestador de serviços. Informar a quantidade de pessoal próprio existente no último dia do ano de referência.

**Bloco:** 1 - Informações administrativas

**Unidade:** Pessoas

**AD002 - Quantidade de pessoal terceirizado alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:**

Quantidade de trabalhadores contratados de forma continuada para prestar serviços relativos à Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, para o município ou prestador de serviços, dentro ou fora de suas instalações, exceto quando se tratar de energia elétrica e aluguel de máquinas e equipamentos. Informar a quantidade de pessoal terceirizado existente no último dia do ano de referência.

**Bloco:** 1 - Informações administrativas

**Unidade:** Pessoas

**AD003 - Quantidade total de pessoal alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:**

Valor da soma das quantidades totais de pessoal próprio e de pessoal terceirizado atuantes nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, no último dia do ano de referência.

**Bloco:** 1 - Informações administrativas

**Unidade:** Pessoas

**FN003 - Receita total do município (SAÚDE, EDUCAÇÃO, PAGAMENTO DE PESSOAL, ETC.):**

Receita orçamentária total realizada pelo município, no ano de referência, compreendendo as receitas correntes e as receitas de capital. Receitas correntes: são aquelas compostas por arrecadação de receitas de tributos, contribuições, patrimonial, de aplicações financeiras, receitas de atividades agropecuárias, receitas industriais e de serviços, transferências correntes e outras receitas eventuais, como doações, indenizações etc. Receitas de capital: são aquelas

compostas por receitas de alienação de bens, operações de crédito, amortização de empréstimos, transferências de capital e outras receitas de capital, amortização de empréstimos concedidos e outras eventuais.

**Bloco:** 2 - Receitas

**Unidade:** Reais por ano

**FN004 - Fontes de recursos para custeio dos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:**

Meios econômicos e financeiros que financiam a operação e a manutenção dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município, no ano de referência. A opção "receitas de taxas" corresponde ao valor associado à cobrança de taxa específica pelo uso efetivo ou disposição dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Somente deve ser marcada a opção "Não existe forma de custeio" quando o município não possuir sistema de drenagem. Assim, todo município que possuir um sistema de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas deve possuir obrigatoriamente alguma forma de custeio. A opção "Outras" contempla qualquer outra fonte de entrada de recursos para custeio dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Descrever em FN999 as outras fontes de entrada praticadas pelo município.

**Bloco:** 2 - Receitas

**FN004A - Especifique qual é a outra fonte de recursos para custeio dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas informada em FN004:**

Informar quais são as outras fontes de entrada de recursos para custeio dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas adotadas no município, no ano de referência, que não foram citadas nas opções de resposta apresentadas em FN004.

**Bloco:** 2 - Receitas

**FN005 - Receita operacional total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:**

Corresponde à receita de taxas e preços públicos, lançada ou faturada no ano de referência, pela disposição dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, e pela execução de serviços acessórios ou complementares, tais como: execução de ramais de lançamento no sistema público, execução ou limpeza de dispositivos de retenção etc.

**Bloco:** 2 - Receitas

**Unidade:** Reais por ano

**FN008 - Receita não operacional total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:**



Receita originária da aplicação de penalidades de posturas (descumprimento de normas e regulamentos legais) ou contratuais (inadimplência de pagamentos pelos serviços), de aplicações financeiras e de outras receitas eventuais, tais como ressarcimento de danos, indenizações etc, relativa aos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no ano de referência.

**Bloco:** 2 - Receitas

**Unidade:** Reais por ano

**FN009 - Receita total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:**

Valor da soma das receitas operacionais e não operacionais dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizados no município no ano de referência.

**Bloco:** 2 - Receitas

**Unidade:** Reais por ano

**FN012 - Despesa total do município (SAÚDE, EDUCAÇÃO, PAGAMENTO DE PESSOAL, ETC.):**

Despesa orçamentária total realizada pelo município, no ano de referência, compreendendo as despesas correntes (despesas de custeio) e as despesas de capital. Despesas correntes: são as despesas que não contribuem diretamente para a formação ou aquisição de um bem de capital, mas são relativas à pessoal e encargos sociais, juros e encargos da dívida, aquisição de serviços, insumos e materiais de consumo e outras despesas, necessárias e destinadas à manutenção das estruturas e funcionamento das atividades. Despesas de capital: são as despesas que contribuem diretamente para a formação ou aquisição de um bem de capital, compreendendo, entre outros, os gastos com investimentos, inversões financeiras (títulos e participações) e amortização da dívida.

**Bloco:** 3 - Despesas

**Unidade:** Reais por ano

**FN013 - Despesas de Exploração (DEX) diretas ou de custeio total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:**

Valor anual total das despesas realizadas pelo município para a exploração dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, compreendendo as despesas diretas com pessoal próprio e terceirizado, serviços de terceiros, locação de equipamentos, produtos químicos, energia elétrica, despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX, além de outras despesas de exploração.

**Bloco:** 3 - Despesas

**Unidade:** Reais por ano

**FN015 - Despesa total com serviço da dívida para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:**

Valor anual total das despesas com o serviço da dívida relativas a juros e encargos, variações monetárias e cambiais e amortizações de empréstimos para financiamento dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas de responsabilidade do município.

**Bloco:** 3 - Despesas

**Unidade:** Reais por ano

**FN016 - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:**

Valor anual total do conjunto das despesas realizadas para a prestação dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizadas no município, compreendendo as Despesas de Exploração (DEX), despesas com juros e encargos das dívidas (incluindo as despesas decorrentes de variações monetárias e cambiais), despesas com depreciação, amortização do ativo diferido e provisão para devedores duvidosos, despesas fiscais ou tributárias não computadas nas DEX, mas que compõem a despesa total com os serviços, além de outras despesas com os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas de responsabilidade do prestador ou município, realizadas no ano de referência.

**Bloco:** 3 - Despesas

**Unidade:** Reais por ano

**FN017 - Desembolsos de investimentos com recursos próprios em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizados pelo município no ano de referência:**

Valor total dos desembolsos de investimentos diretos e despesas capitalizáveis realizados no ano de referência pelo município, com recursos próprios, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, inclusive de contrapartidas de investimentos onerosos e não onerosos, considerando os valores efetivamente pagos no ano, independente do ano de contratação do investimento. Entendem-se como "recursos próprios" aqueles oriundos do orçamento municipal, da cobrança dos serviços, de receitas não operacionais, de integralização ou de adiantamento para futuro aumento de capital pelos acionistas ou de captações no mercado decorrentes da venda de ações.

**Bloco:** 4 - Investimentos e desembolsos

**Unidade:** Reais por ano

**FN018 - Investimentos com recursos onerosos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratados pelo município no ano de**

**referência:**

Valor total dos investimentos contratados pelo município, com recursos onerosos, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, considerando inclusive contratos cujas execuções das obras ou as aquisições de bens não tenham sido iniciadas no ano de referência. Entendem-se como "recursos onerosos" aqueles provenientes de empréstimos tomados junto à CAIXA, BNDES ou outros agentes financeiros (oriundos do FGTS, FAT ou outras fontes) e também empréstimos de financiamentos externos (BID, BIRD e outros), retornáveis por meio de amortizações, juros e outros encargos, incluindo-se ainda captações decorrentes da venda e posterior recompra de debêntures vinculadas a investimentos preestabelecidos. Devem ser incluídos empréstimos tomados pelo estado que tenham como mutuário final (responsável pelo pagamento) o município.

**Bloco:** 4 - Investimentos e desembolsos

**Unidade:** Reais por ano

**FN019 - Desembolsos de investimentos com recursos onerosos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizados pelo município no ano de referência:**

Valor total dos desembolsos de investimentos realizados no ano de referência diretamente pelo município, a partir de recursos de fontes onerosas, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, considerando os valores efetivamente pagos no ano, independente do ano de contratação do investimento. Entendem-se como "recursos onerosos" aqueles provenientes de empréstimos tomados junto à CAIXA, BNDES ou outros agentes financeiros (oriundos do FGTS, FAT ou outras fontes) e também empréstimos de financiamentos externos (BID, BIRD e outros), retornáveis por meio de amortizações, juros e outros encargos, incluindo-se ainda captações decorrentes da venda e posterior recompra de debêntures vinculadas a investimentos preestabelecidos. Devem ser incluídos empréstimos tomados pelo estado que tenham como mutuário final (responsável pelo pagamento) o município.

**Bloco:** 4 - Investimentos e desembolsos

**Unidade:** Reais por ano

**FN020 - Investimentos com recursos não onerosos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratados pelo município no ano de referência:**

Valor total dos investimentos contratados pelo município, com recursos de origem não onerosa, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, considerando inclusive contratos cujas execuções das obras ou as aquisições de bens não tenham sido iniciadas no ano de referência. Entende-se por "recursos de origem não onerosa" aqueles não reembolsáveis (oriundos do Orçamento Geral da União - OGU, orçamentos do estado, ou de outras fontes, como doações ou investimentos pagos pelos usuários), que não oneram o serviço da dívida, também denominados recursos a fundo perdido.

**Bloco:** 4 - Investimentos e desembolsos



**Unidade:** Reais por ano

**FN021 - Desembolsos de investimentos com recursos não onerosos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizados pelo município no ano de referência:**

Valor total dos desembolsos de investimentos realizados no ano de referência diretamente pelo município, a partir de recursos de fontes não onerosas, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, considerando os valores efetivamente pagos no ano, independente do ano de contratação do investimento. Entende-se por "recursos não onerosos" aqueles não reembolsáveis (oriundos do Orçamento Geral da União - OGU, orçamentos do estado, ou de outras fontes, como doações ou investimentos pagos pelos usuários), que não oneram o serviço da dívida, também denominados recursos a fundo perdido.

**Bloco:** 4 - Investimentos e desembolsos

**Unidade:** Reais por ano

**FN022 - Investimento total em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratado pelo município no ano de referência:**

Valor do investimento total contratado pelo município para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no ano de referência, calculado pela soma dos valores referentes aos investimentos com recursos próprios, aos investimentos com recursos onerosos e aos investimentos com recursos não onerosos informados nos campos FN024, FN018 e FN020, respectivamente.

**Bloco:** 4 - Investimentos e desembolsos

**Unidade:** Reais por ano

**FN023 - Desembolso total de investimentos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizado pelo município no ano de referência:**

Valor do desembolso total de investimentos realizado pelo município no ano de referência, para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, calculado pela soma dos valores referentes aos desembolsos de investimentos com recursos próprios, aos desembolsos de investimentos com recursos onerosos e aos desembolsos de investimentos com recursos não onerosos, informados nos campos FN017, FN019 e FN021, respectivamente.

**Bloco:** 4 - Investimentos e desembolsos

**Unidade:** Reais por ano

**FN024 - Investimentos com recursos próprios em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratados pelo município no ano de referência:**

**SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**

---

Valor total dos investimentos contratados pelo município com recursos próprios, no ano de referência, inclusive valores de contrapartidas de investimentos onerosos e não onerosos, relacionados aos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, considerando inclusive contratos cujas execuções das obras ou de aquisições de bens não tenham sido iniciadas no ano de referência. Entendem-se como "recursos próprios" aqueles oriundos do orçamento municipal, da cobrança dos serviços, de receitas não operacionais, de integralização ou de adiantamento para futuro aumento de capital pelos acionistas ou de captações no mercado decorrentes da venda de ações.

**Bloco:** 4 - Investimentos e desembolsos

**Unidade:** Reais por ano

**FN999 - Observações, esclarecimentos ou sugestões**

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário Financeiro.

**Bloco:** 5 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

### Dados de infraestrutura (Infraestrutura)

#### IE051L - Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, piscinões ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

Infraestrutura de Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, piscinões ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

**Bloco:** 2.3.1 Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, "piscinões" ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

#### IE001 - Existe Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município?

Informar se já existe ou se passou a existir, no ano de referência, o Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município. O Plano Diretor é o relatório ou projeto de engenharia no âmbito de planejamento, que compara alternativas, cenários e soluções possíveis, em função das mais diversas técnicas disponíveis, levando em consideração o custo-benefício e a viabilidade econômica e financeira para cada possibilidade. A etapa que antecede o Plano Diretor, quando necessária, é a de Inventário ou Diagnóstico. A etapa posterior, principalmente para obras de engenharia, é o Projeto Básico, que orienta os processos de licitação para contratação de empreiteiras. O Plano Diretor constitui-se na ferramenta por meio da qual as comunidades podem avaliar e priorizar os problemas e as necessidades presentes e futuras, além de considerar as alternativas de gerenciamento da drenagem de águas pluviais no município. É utilizado para tratar de funções como provisão de drenagem, mitigação de inundações, análise custo/benefício e avaliação de riscos.

**Bloco:** 1 - Documentação técnica

#### IE012 - Existe cadastro técnico de obras lineares no município?

Informação sobre a existência ou não de cadastro técnico do sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas implantado no município. Entende-se por "cadastro técnico" o conjunto de informações compostas de mapas e plantas de localização, de desenhos de detalhes e de outros registros descritivos e quantitativos sobre as infraestruturas físicas e operacionais do sistema de drenagem, feitas em papel ou em meio digital.

**Bloco:** 1 - Documentação técnica

#### IE013 - Existe projeto básico, executivo ou "as built" de unidades operacionais de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?

Informar se existe projeto básico, projeto executivo e/ou desenhos "as built" do sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas implantado no município. Entende-se por "projeto básico" o conjunto de informações básicas composto de pelo menos uma descrição sumária e mapas ou plantas de localização e de caracterização mínima dos tipos e dimensões das infraestruturas e equipamentos operacionais existentes. Por "projeto executivo", compreende-se o conjunto de informações detalhadas sobre a descrição e o processo construtivo ou de implantação e operação das infraestruturas e

equipamentos operacionais existentes, composto por mapas e plantas de localização, caracterização e dimensionamento, desenhos de detalhes construtivos e operacionais e de memoriais quantitativos e descritivos de processos, de materiais, de equipamentos e operacionais e de outros elementos essenciais. Finalmente, por projeto "as built" entende-se o conjunto de informações básicas sobre como o sistema foi construído ou implantado, composto pelo menos de memorial descritivo e de desenhos ou croquis de localização, além de caracterização e dimensionamento mínimos das infraestruturas e equipamentos do sistema de drenagem de águas pluviais.

**Bloco:** 1 - Documentação técnica

**IE014 - Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?**

Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?

**Bloco:** 1 - Documentação técnica

**IE016 - Qual é o tipo de sistema de Drenagem Urbana?**

Informar qual o tipo predominante de sistema de drenagem de águas pluviais urbanas existente no município. O sistema de drenagem compreende a totalidade das estruturas projetadas para promover o esgotamento das águas pluviais. O SNIS-AP classifica os tipos de sistemas de DMAPU em três diferentes categorias: o exclusivo para drenagem de águas pluviais (separador absoluto), o unitário (misto com esgotamento sanitário) e o combinado. O primeiro é formado por estruturas que escoam, exclusivamente, águas pluviais. O segundo transporta águas pluviais e cargas de esgotos urbanos. O sistema combinado, por sua vez, é caracterizado quando há uma combinação dos dois tipos de sistemas (exclusivo e unitário), onde cada tipo de configuração predomina em algum trecho da rede.

**Bloco:** 1 - Documentação técnica

**IE016A - Especifique qual é o outro tipo de sistema de Drenagem Urbana informado em IE016:**

Informar quais os outros tipos de sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas adotados no município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em IE016.

**Bloco:** 1 - Documentação técnica

**IE017 - Extensão total de vias públicas urbanas do município:**

Comprimento total das vias públicas terrestres da área urbana total do município. São consideradas vias terrestres urbanas as ruas, as avenidas, os logradouros, os caminhos, as passagens, as estradas e as rodovias, que têm seu uso regulamentado pelo órgão ou entidade com circunscrição sobre elas, de

acordo com as peculiaridades locais e as circunstâncias especiais.

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE018 - Extensão total de vias públicas urbanas implantadas no município no ano de referência:**

Comprimento total das vias públicas terrestres da área urbana total do município que foram implantadas no ano de referência. Note-se que aqui deve ser informado apenas o valor da extensão das vias que foram implantadas no ano de referência, diferentemente do valor da extensão total das vias urbanas do município (correspondente à informação IE017).

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE019 - Extensão total de vias públicas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante):**

Extensão total das vias públicas terrestres da área urbana total do município que possuem algum tipo de pavimento (seja ele constituído de revestimentos flexíveis – como os betuminosos ou por calçamento – ou de pavimentos rígidos – como o concreto cimento ou macadame cimentado) e meio-fio ou estrutura semelhante destinada a encaminhar as águas da chuva para as saídas de água, impedindo a erosão da plataforma da via e dos taludes de aterros.

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE020 - Extensão total de vias públicas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante) implantadas no ano de referência:**

Extensão total das vias públicas terrestres da área urbana total do município que possuem algum tipo de pavimento e meio-fio ou estrutura semelhante e que foram implantadas no ano de referência. Note-se que aqui deve ser informado apenas o valor do comprimento total das vias com pavimento e meio-fio (ou similares) que tiveram sua implantação concluída no ano de referência, diferentemente do valor total da extensão das vias urbanas do município com essas estruturas (correspondente à informação IE019).

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE021 - Quantidade de bocas de lobo existentes no município:**



Quantidade total de bocas de lobo existentes no município. Entende-se por “boca de lobo” a estrutura da rede de drenagem que objetiva captar as águas superficiais transportadas pelas sarjetas e conduzi-las ao interior da rede. As bocas de lobo se caracterizam por apresentarem apenas uma entrada.

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**Unidade:** Unidades

**IE022 - Quantidade de bocas de leão ou bocas de lobo múltiplas (duas ou mais bocas de lobo conjugadas) existentes no município:**

Quantidade total de bocas de leão, ou seja, bocas de lobo múltiplas conjugadas, existentes no município. As bocas de leão se caracterizam por apresentarem duas ou mais entradas (bocas de lobo) conjugadas.

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**Unidade:** Unidades

**IE023 - Quantidade de poços de visita (PV) existentes no município:**

Quantidade total de poços de visita (PV) existentes no município. Entende-se por “poço de visita” a estrutura da rede de drenagem que permite a entrada de profissional especializado para inspeção e limpeza da rede.

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**Unidade:** Unidades

**IE024 - Extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos:**

Comprimento total de vias públicas que possuem redes ou canais subterrâneos de águas pluviais, na área urbana total do município. Os canais fechados construídos para o escoamento das águas de chuva, conhecidos como canais de águas pluviais subterrâneos, fazem parte das redes coletoras e destinam-se ao transporte das águas captadas pelas bocas coletoras até os pontos de lançamento. A rede coletora subsuperficial, destinada a captar e a transportar águas de chuva, pode ou não ser utilizada para transportar também o esgoto sanitário.

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE025 - Extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos, implantadas no ano de referência:**

Comprimento total de vias públicas que possuem redes ou canais subterrâneos de águas pluviais, localizadas na área urbana total do município, que foram implantadas no ano de referência. Note-se que aqui deve ser informado apenas o valor do comprimento total das vias com redes ou canais subterrâneos de águas pluviais, que tiveram sua implantação concluída no ano de referência, diferentemente do valor total correspondente à informação IE024.

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE026 - Existem vias públicas urbanas com canais artificiais abertos?**

Informação sobre a existência ou não de vias públicas terrestres com canais artificiais abertos na área urbana total do município. Entende-se por “canal aberto” o curso construído artificialmente que conduz água a céu aberto para os locais de consumo ou aumenta a capacidade de escoamento dos cursos naturais durante as enchentes. Obras como estas, em geral, têm por objetivo dar forma geométrica definida para a seção transversal do curso d'água, ou trecho deste, com ou sem revestimento de qualquer espécie nas margens ou no fundo.

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**IE027 - Existem vias públicas urbanas com soluções de drenagem natural (faixas ou valas de infiltração)?**

Informar se já existem ou se passaram a existir, no ano de referência, vias públicas terrestres com soluções de drenagem natural – do tipo faixas ou valas de infiltração – na área urbana total do município. As faixas ou valas de infiltração são técnicas compensatórias constituídas por áreas permeáveis ou por simples depressões escavadas no solo com o objetivo de recolher as águas pluviais e efetuar o seu armazenamento temporário e, eventualmente, favorecer a sua infiltração.

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**IE028 - Extensão total de vias públicas urbanas com soluções de drenagem natural (faixas ou valas de infiltração):**

Comprimento total das vias públicas terrestres que possuem ou passaram a possuir, no ano de referência, faixas ou valas de infiltração das águas pluviais, e que estão localizadas na área urbana total do município.

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE029 - Existem estações elevatórias de águas pluviais na rede de drenagem?**

Informar se existem estações elevatórias de águas pluviais na rede urbana de drenagem do município. Entende-se por “estação elevatória de águas pluviais” a unidade responsável pelo recalque ou bombeamento de águas pluviais para pontos de maior altitude. É composta por um conjunto de bombas e acessórios que possibilitam a elevação da cota piezométrica do efluente pluvial transportado.

**Bloco:** 2.1 - Vias urbanas

**IE031 - Existem cursos d'água naturais perenes dentro da zona urbana?**

Informar se existem cursos d'água naturais perenes na área urbana total do município. Entende-se por “curso d'água natural perene” qualquer manancial de água corrente com disponibilidade hídrica praticamente ininterrupta, ou seja, é um corpo de água fluente que possui fluxo o ano todo, ou pelo menos em 90% do ano, em canal bem definido. Rios, córregos, riachos, regatos, ribeiros são exemplos de cursos d'água, os quais são alimentados por águas provenientes de escoamento superficial (parte das águas que não infiltram no solo e tampouco evaporam) e subsuperficial (parte das águas que infiltram no solo).

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**IE032 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas:**

Comprimento total de todos os cursos d'água naturais perenes existentes na área urbana total do município. Deve-se informar aqui apenas o somatório das extensões dos cursos d'água que realmente estão contidas dentro da área urbana, ou seja, não é necessário contabilizar as extensões desses mesmos cursos d'água que se encontram em áreas não urbanas. Por exemplo: para um município que contenha apenas um curso d'água, cuja extensão total seja de 20 km, mas apenas 5 km dessa extensão se encontrem dentro da área urbana, o valor a ser informado neste campo seria 5.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE033 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com diques em áreas urbanas:**

Informar a extensão total dos cursos d'água naturais perenes da área urbana total do município que possuem diques. Diques são muros laterais de terra ou concreto, inclinados ou retos, construídos a certa distância das margens dos cursos d'água, que protegem as áreas ribeirinhas contra o extravasamento.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE034 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados abertos em áreas urbanas:**



Comprimento total dos cursos d'água naturais perenes canalizados de maneira aberta na área urbana total do município. Encontram-se canalizados os cursos d'água naturais cujos leitos foram submetidos a obras ou serviços que tenham por objetivo dar forma geométrica definida para a seção transversal do curso d'água, ou trecho deste, com ou sem revestimento de qualquer espécie nas margens ou no fundo. Canal aberto é o percurso construído artificialmente, que conduz água a céu aberto para os locais de consumo ou aumenta a capacidade de escoamento dos cursos d'água naturais durante as enchentes.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE035 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados fechados em áreas urbanas:**

Informar a extensão total dos cursos d'água naturais perenes que percorrem canais artificiais fechados dentro da área urbana total do município. Os cursos d'água naturais encontram-se canalizados de forma fechada (ou sob manilhamento) quando seus leitos ou calhas estão cobertos por alguma superfície dura ou impermeável (geralmente concreto), ou canalizados em tubulações ("entubados"), aduelas, gabiões ou outras estruturas de concreto, metálicas ou de outros materiais.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE036 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com retificação em áreas urbanas:**

Comprimento total dos cursos d'água naturais perenes, em áreas urbanas do município, que sofreram processos de retificação. A retificação é qualquer obra ou serviço que tenha por objetivo alterar, total ou parcialmente, o traçado dos cursos d'água ou o seu percurso original.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE037 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com desenrocamento ou rebaixamento do leito em áreas urbanas:**

Extensão total dos cursos d'água naturais perenes, localizados na área urbana total do município, em cujos leitos foram realizadas obras de rebaixamento ou que passaram por serviços de desenrocamento. O rebaixamento é o aprofundamento da calha dos cursos d'água realizada a partir da retirada de material do leito, com o objetivo de ampliar a seção transversal ou reduzir a declividade, constituindo-se de uma medida adotada para o combate às enchentes. As obras de desenrocamento, ou seja, a retirada de rochas do leito do curso d'água, têm por objetivo reduzir os regimes turbulentos de escoamento, os quais, quando intensos, podem produzir alterações em suas margens e leito.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE040 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas com outro tipo de intervenção:**

Comprimento total dos cursos d'água naturais perenes das áreas urbanas do município que tenham sofrido alguma outra intervenção, não mencionada nos itens IE033 a IE037, a qual tenha provocado qualquer alteração das características hidrológicas, morfométricas ou relativas ao transporte de sedimentos no curso d'água.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE041 - Existe serviço de dragagem ou desassoreamento dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas?**

Informar se existe serviço regular de dragagem ou desassoreamento dos cursos d'água que se encontram na área urbana total do município. O assoreamento, fenômeno causado pela erosão, desmatamento, práticas agrícolas inadequadas e ocupações urbanas, consiste no acúmulo ou na obstrução de um curso d'água por sedimentos, areia ou detritos quaisquer, reduzindo sua profundidade. Utilizando equipamentos denominados dragas, o processo de dragagem consiste nos serviços de desassoreamento, alargamento, desobstrução, remoção, derrocamento ou escavação do leito para remover materiais como solo, sedimentos, rochas, lodo, argila ou areia, com o objetivo de aumentar a profundidade do leito ou a capacidade de escoamento do curso d'água, realizar limpeza e manutenção ou conter enchentes.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**IE043 - Existem parques lineares em áreas urbanas?**

Responder se existem parques lineares na área urbana total do município. Os parques lineares são implantados em uma faixa ao longo de um rio, córrego ou canal. Constituem-se de intervenções estruturantes de programas ambientais em áreas urbanas destinadas à conservação e à preservação dos recursos naturais, inclusive dos cursos d'água, agregando intervenções de uso humano, principalmente atividades de lazer, cultura, esporte, ciclovias, caminhos de pedestres, entre outras. Os parques têm múltiplas funções, sendo a principal delas, proteger a zona ribeirinha contra ocupações irregulares que possam vir a confinar o corpo d'água e reduzir a largura da área destinada à inundação. Dentre as outras funções que um parque linear pode ter, destacam-se: restauração de várzeas, proteção das margens contra erosão, recomposição da vegetação ciliar, redução da velocidade de escoamento com a redução dos picos de enchentes, redução da poluição difusa, promoção de área de lazer e incremento da área verde. Em termos de ação de manejo das águas pluviais urbanas, o parque linear tem como objetivo aumentar a área de várzea dos rios, ampliando as zonas de inundação e conseqüentemente reduzindo a vazão da água à sua

jusante durante as enchentes.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**IE044 - Extensão total de parques lineares ao longo de cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas:**

Comprimento total dos cursos d'água naturais perenes da área urbana total do município que têm suas margens protegidas por parques lineares.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**Unidade:** Quilômetros

**IE061L - Lista de Parques**

Lista de Parques

**Bloco:** 2.2.1 - Corpos receptores do lançamento de águas pluviais

**IE050 - Existe algum tipo de tratamento das águas pluviais?**

Selecionar, entre as opções apresentadas, os tipos de tratamento regulares das águas pluviais que existem na área urbana total do município. Considera-se tratamento das águas pluviais aqueles que possibilitem melhorar as condições de drenagem e de qualidade da água pluvial, frente ao aumento do escoamento e da carga de poluição difusa. Os tipos de tratamento podem ter origem não estrutural, ou seja, aqueles que utilizam meios naturais e de controle na fonte para reduzir a geração do escoamento e a carga poluidora; ou origem estrutural, como a retenção temporária do escoamento, podendo-se promover o tratamento físico-químico e microbiológico da água. Esses sistemas permitem o controle quali-quantitativo da vazão gerada na bacia, seja pelo armazenamento temporário do volume escoado, seja pela redução da carga poluidora. Caso não exista nenhum tipo de tratamento, selecione a opção correspondente.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**IE050A - Especifique qual é o outro tipo de tratamento das águas pluviais informado em IE050:**

Informar quais os outros tipos de tratamento das águas pluviais adotados no município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em IE050.

**Bloco:** 2.2 - Cursos d'água em áreas urbanas

**IE051 - Tipo:**

Informar neste campo o tipo de infraestrutura para amortecimento de vazões de cheias/inundações, ou seja, se se trata de reservatórios, bacias de retenção ou detenção, lagos, piscinões, tanques artificiais ou outro tipo. Os reservatórios têm a mesma função das bacias de detenção, porém com dimensões superiores. Entre suas vantagens estão a possibilidade de acomodar as diferentes amplitudes de vazões de cheia, a criação de um espaço ambiental agradável e a redução do material sólido, melhorando assim a qualidade da água. As bacias de retenção mantêm a água de escoamento armazenada por um longo período, de modo que haja a decantação de partículas sólidas, conduzindo a uma redução da carga de poluentes de origem pluvial. As bacias de detenção, por sua vez, são utilizadas principalmente como medida de controle de inundações, sendo a remoção de poluentes um objetivo complementar. Os lagos são um dos tipos de corpos d'água destinados a receber as águas pluviais coletadas pelos sistemas de drenagem urbana, podendo ser lagos permanentes, ou seja, que não tem interrupções; ou intermitentes, isto é, os lagos que represam água apenas em certos períodos do ano. Os reservatórios para controle de cheias - popularmente conhecidos como "piscinões" - são estruturas que funcionam como detenção ou retenção de água e têm por objetivo reduzir o efeito das enchentes em áreas urbanas, amortecendo a vazão de drenagem de uma determinada bacia hidrográfica. Sua atuação redistribui os escoamentos no tempo e no espaço, permitindo recuperar parte das características de armazenagem dessa bacia. Os tanques artificiais superficiais são estruturas que possuem sua base totalmente apoiada sobre a superfície do solo, destinadas a armazenar fluidos (como as águas pluviais) à pressão atmosférica ou a pressões superiores à atmosférica. Já os tanques subterrâneos são feitos de concreto ao nível do solo, com profundidade considerável (dependendo das características geológicas). Essas estruturas podem ser montadas seguindo o percurso das vias de passagens e em lugares nos quais sua base superior (tampa) possa ter alguma utilidade para otimização dos espaços.

**Bloco:** 2.3.1 Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, "piscinões" ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

**IE051A - Especifique qual é o outro tipo de infraestrutura para amortecimento de vazões de cheias/inundações informado em IE051:**

Informar quais os outros tipos de infraestrutura para amortecimento de vazões de cheias/inundações adotados no município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em IE051.

**Bloco:** 2.3.1 Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, "piscinões" ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

**IE052 - Identificação (nome ou designação dada):**

Identificar, por meio do nome ou designação oficial ou pelo qual é usualmente conhecida, a estrutura de amortecimento de vazões de cheias/inundações existente na área urbana total do município.

**Bloco:** 2.3.1 Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, "piscinões" ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

**IE058 - Capacidade de reservação:**



Informar a capacidade estrutural efetiva (volume) de reservação ou de retenção das águas pluviais referente à estrutura para amortecimento de vazões de cheias/inundações da área urbana total do município.

**Bloco:** 2.3.1 Reservatórios ou bacias de retenção e detenção, lagos, "piscinões" ou tanque artificial superficial ou subterrâneo

**Unidade:** Metros cúbicos

**IE061 - Identificação (nome ou designação dada):**

Identificar, pelo nome ou designação oficial ou pelo qual é usualmente conhecido, o parque linear existente na área urbana total do município.

**Bloco:** 2.3.2 - Parques lineares

**IE064 - Área ocupada total:**

Informar a área total ocupada pelo parque linear, situada dentro da área urbana total do município.

**Bloco:** 2.3.2 - Parques lineares

**Unidade:** Metros quadrados

**IE068 - Outra infraestrutura (especificar):**

Descrever e caracterizar, incluindo informações como nome, tipo, extensão, área, volume (quando se aplique), a infraestrutura relevante para o sistema de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, existente na área urbana total do município, que faça parte do sistema público de retenção ou contenção das águas pluviais para amortecer as vazões de cheias/inundações no município e que não tenha sido especificada nos campos anteriores.

**Bloco:** 2.3.3 - Outras infraestruturas

**IE069 - Qual a proporção do sistema exclusivo em relação ao total?**

Qual a proporção do sistema exclusivo em relação ao total?

**Bloco:** 1 - Documentação técnica

**IE070 - Qual a proporção do sistema unitário em relação ao total?**

Qual a proporção do sistema unitário em relação ao total?

**Bloco:** 1 - Documentação técnica

**IE999 - Campo para Observações, esclarecimentos ou sugestões**

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário de Infraestrutura.

**Bloco:** 1 - Cobranças pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**Dados operacionais (Operacional)**

**OP001 - No ano de referência, quais das seguintes intervenções ou manutenções foram realizadas no sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas ou nos cursos d'água da área urbana do município?**

Caso tenham sido realizadas intervenções (tais como dragagem, desassoreamento, limpeza etc.) ou manutenções (preventivas ou corretivas) no sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas ou nos cursos d'água da área urbana do município durante o ano de referência, indicar, entre as opções de resposta, quais tipos dessas atividades foram executados. Os serviços de manutenção e conservação periódica dos sistemas de drenagem urbana incluem a limpeza e a conservação periódica das unidades que compõem o sistema de drenagem urbana, tais como bocas de lobo, redes coletoras, emissários, dispositivos de amortecimento de vazão, bacias de dissipação de energia etc. Essas atividades são classificadas em: limpeza e retirada de detritos que impeçam o bom funcionamento dos dispositivos de captação que estão localizados em pontos convenientes, em geral nas faixas de vias públicas, para captação de águas pluviais (bocas de lobo, caixas com grelhas, ralos etc.); limpeza e retirada de detritos que impeçam o bom funcionamento das galerias (canais fechados construídos para o escoamento das águas de chuva); dragagem e limpeza de canais através de uma draga, com a finalidade de limpar o fundo, retirando depósitos de areia, lama, objetos, de modo a permitir a recuperação das dimensões da seção de escoamento do canal; e varrição e limpeza de vias, ruas, avenidas, becos e praças localizados na área urbana; ou outra atividade.

**Bloco:** 1 - Informações operacionais sobre Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**OP001A - Especifique qual é a outra intervenção ou manutenção realizada no sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas ou nos cursos de água da área urbana do município informada no campo OP001:**

Informar quais os outros tipos de intervenção ou manutenção foram realizados no sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas ou nos cursos de água da área urbana do município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em OP001.

**Bloco:** 1 - Informações operacionais sobre Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**OP999 - Campo para Observações, esclarecimentos ou sugestões**

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário Operacional.

**Bloco:** 2 - Observações, esclarecimentos ou sugestões

**Dados sobre gestão de risco (Gestão de Riscos)**

**RI001 - Com relação à gestão de riscos e resposta a desastres referentes a problemas com a Drenagem e o Manejo das Águas Pluviais Urbanas, indique quais das seguintes instituições existem no município:**

Indicar quais instituições (implementadas até o ano de referência), apresentadas entre as opções de resposta, existem no município e contribuem com a gestão de riscos e resposta a desastres especialmente relacionados a problemas com a Drenagem e o Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Caso haja outras instituições que atuem nesta área, indicar na opção Outras. Se não existe nenhuma instituição no município que atue na gestão de riscos e resposta a desastres, informar na opção correspondente.

**Bloco:** 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**RI001A - Especifique qual é a outra instituição que atua na prevenção de riscos e resposta a desastres no município, informada no campo RI001:**

Informar quais as outras instituições que atuam na prevenção de riscos e resposta a desastres no município e que não foram citadas nas opções de resposta apresentadas em RI001.

**Bloco:** 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**RI002 - Quais das intervenções ou situações a seguir existem na área rural a montante das áreas urbanas do município, com potencial de colocar em risco ou provocar interferências no sistema de drenagem e no manejo das águas pluviais urbanas?**

Informar sobre a existência de intervenções ou situações na área rural situada a montante das áreas urbanas do município, existentes no ano de referência, que possam colocar em risco ou interferir no sistema de drenagem e no manejo das águas pluviais urbanas. Para esclarecimento, "montante" é todo ponto de referência ou secção de um rio que se situa antes de um ponto referencial qualquer. Sendo assim, a foz de um rio é o ponto mais a jusante deste rio, assim como a nascente é o seu ponto mais a montante. As definições a seguir dizem respeito às opções de resposta predefinidas. As barragens, em geral, são barreiras dotadas de uma série de comportas ou outros mecanismos de controle, construídas transversalmente a um rio, para controlar o nível das águas de montante, regular o escoamento ou derivar suas águas para canais; ou mesmo construídas transversalmente a um vale, para represar a água ou criar um reservatório. Podem ter funções de acumulação (destinam-se a represar água para ser utilizada no abastecimento de cidades, na irrigação ou em produção de energia); de derivação (desviam parte do caudal de um curso de água ou todo o rio); de regularização (destinadas a regularizar o caudal de um rio e evitar grandes variações de nível, ao longo do curso, controlar inundações, melhorar as condições de navegabilidade e reduzir a necessidade de construção de grandes reservatórios a jusante); ou de retenção (destinadas a deter somente os sedimentos transportados pelas águas, permitindo a passagem do líquido). A retificação é qualquer obra ou serviço que tenha por objetivo alterar, total ou parcialmente, o traçado dos cursos d'água ou o seu percurso original. O



processo de ocupação urbana iniciado caracteriza-se geralmente por ocupação intensa e desordenada do solo, com a construção de imóveis de forma acelerada e que não leva em consideração padrões técnicos responsáveis por prevenir o desgaste do solo urbano. Os processos de erosão natural podem tornar-se severos quando atuam nas áreas atingidas alguns fatores que intensificam o fenômeno erosivo, tais como a ocupação intensa e desordenada do solo, as condições geológicas e morfológicas características de processos de erosão, o desmatamento, um sistema inadequado de drenagem urbana, o lançamento inadequado de resíduos sólidos, as queimadas, entre outros.

**Bloco:** 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**RI002A - Especifique qual é a outra intervenção ou situação com potencial de riscos ou interferências no sistema de drenagem informada no campo RI002:**

Informar quais as outras intervenções ou situações com potencial de riscos ou interferências no sistema de drenagem existem no município e que não foram citadas nas opções de resposta apresentadas em RI002.

**Bloco:** 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**RI003 - Instrumentos de controle e monitoramento hidrológicos existentes no município e que estiveram em funcionamento durante o ano de referência:**

Caso o município faça uso de instrumentos para o controle e o monitoramento hidrológicos, deve-se indicar, entre as opções apresentadas, quais instrumentos estiveram em operação e em uso efetivo durante o ano de referência. Caso o município não possua nenhum instrumento, selecionar a opção correspondente. A seguir, as definições de cada uma das opções de resposta predefinidas. Pluviógrafo: Pluviômetro que registra automaticamente e normalmente, sob a forma de gráfico, a quantidade acumulada de precipitação em função do tempo; Pluviômetro: Instrumento para medir a quantidade de precipitação que cai em um local, em um momento determinado; Linígrafo: Instrumento registrador de níveis de água, em função do tempo; Régua (ou escala) limnimétrica ou fluviométrica: Escala construída em madeira, ferro esmaltado, alumínio ou plástico, colocada adequadamente na seção de um rio, com a finalidade de permitir a medição da profundidade da água em diferentes momentos.

**Bloco:** 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**RI003A - Especifique qual é o outro instrumento de controle e monitoramento hidrológico informado no campo RI003:**

Informar quais os outros instrumentos de controle e monitoramento hidrológico existem no município e que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em RI003.

**Bloco:** 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**RI004 - Dados hidrológicos monitorados no município e metodologia de monitoramento:**

Informar quais dados hidrológicos foram monitorados no município no ano de referência. Para cada dado, informar também a frequência ou metodologia de monitoramento adotada. Os dados pedidos neste item são: quantidade de chuva e nível de água dos cursos d'água da área urbana do município. Caso outro dado hidrológico tenha sido monitorado no ano de referência, informar o tipo e a metodologia de monitoramento na opção correspondente. No que concerne às diferentes metodologias, o registro é uma tabulação de características hidrológicas observadas (por exemplo, níveis d'água, vazões etc.) em determinada estação, durante certo tempo. O registro pode ser realizado por observadores em campo que fazem periodicamente a leitura da medição do instrumento ou, de forma automática, por dispositivos de coleta e armazenamento dos dados integrados ao instrumento de medição. As frequências de amostragem determinam de quanto em quanto tempo cada registro é obtido (se diariamente, ou seja, uma vez por dia; se por frequência horária, ou seja, a cada hora obtém-se um registro; ou por frequência sub-horária, ou seja, os registros são obtidos a cada período inferior a uma hora). Por fim, a telemetria corresponde ao registro a distância de informações fornecidas por instrumentos de medição. A transmissão dos dados de estações hidrológicas pode ser realizada em tempo real por rádio, satélite ou rede de telefonia celular.

**Bloco:** 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**RI004A - Especifique qual é o outro dado hidrológico monitorado no município e sua metodologia de monitoramento informados no campo RI004:**

Informar quais os outros dados hidrológicos monitorados no município e quais as metodologias de monitoramento que não foram citados nas opções de resposta apresentadas em RI004.

**Bloco:** 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**RI005 - Existem sistemas de alerta de riscos hidrológicos (alagamentos, enxurradas, inundações) no município?**

Se no município existem ou passaram a existir, no ano de referência, sistemas de alerta de riscos hidrológicos impactantes, marcar a resposta "sim". Entende-se por "sistema de alerta" o sistema de transmissão rápida de dados que ative mecanismos de alarme em uma população previamente treinada para reagir a um desastre, por exemplo, em decorrência a eventos hidrológicos impactantes. Um risco hidrológico pode ser representado, por exemplo, por chuvas torrenciais que ultrapassam a capacidade dos cursos d'água, provocando alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Como exemplo de sistemas de alerta, tem-se os equipamentos de som e de alarme, os equipamentos de radiocomunicação, os sistemas de telecomunicação, entre outros.

**Bloco:** 1 - Gestão de riscos nas operações de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

**RI007 - Existe cadastro ou demarcação de marcas históricas de inundações?**

Informação sobre a existência de cadastro ou demarcação de marcas históricas de inundações dos cursos d'água presentes nas áreas urbanas do município. Entende-se por "inundação" o transbordamento de rios e canais que, durante ou após precipitações intensas, são incapazes de suportar a vazão resultante, causando a submersão das áreas marginais que não são habitualmente submersas. Em períodos de inundações, é também possível medir o nível da água e consequentemente a cota em que ela se encontra, assim possibilitando saber quais áreas estão ou podem ser inundadas. O registro das cotas do nível máximo da água em cada inundação ocorrida configura-se em cadastro de marcas históricas de inundações.

**Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco**

**RI009 - Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos?**

Informar se já foi feito, até o ano de referência, o mapeamento das áreas de risco de inundação dos córregos e rios urbanos do município. Entende-se por "mapeamento de áreas de risco" o levantamento ou medição das áreas onde existe a possibilidade de ocorrência de eventos adversos. O mapa de risco é um documento gráfico e textual para identificar o cenário de riscos, ameaças e condições de vulnerabilidades da população. Significa imaginar para antecipar mentalmente como pode ver-se afetada uma comunidade determinada. Um mapa de riscos de uma comunidade ou área geográfica assinala os lugares e construções - casas, escolas, instalações etc. - que poderiam ver-se adversamente afetados em uma situação de emergência. Para isso é preciso determinar no mapa as zonas e elementos que se encontram em risco. Deve ser elaborado a partir de atividades de consulta com pessoas e grupos com diferentes especialidades (inclusive de crianças e adolescentes), discutindo as alternativas para reduzir o risco. A avaliação dos riscos realizada coletivamente constitui um poderoso instrumento de educação e influencia a comunidade para aumentar a consciência pública sobre os riscos de desastres. Também facilita a participação na tomada de decisões, a planificação das ações para a resposta e para o desenvolvimento. Os envolvidos na elaboração do mapa percorrem a comunidade para o reconhecimento das diferentes áreas afetadas ou potencialmente afetadas. Alguns dos elementos a considerar para elaborar um mapa de riscos são: limites territoriais; vias de acesso; recursos naturais; infraestrutura de todo tipo; escolas, centros de saúde; outros equipamentos sociais; lugares produtivos (cultivos); redes de água potável; depósitos de lixo; sistema de drenagem; acesso à energia elétrica; áreas seguras mais próximas; áreas mais afetadas; informação epidemiológica; meios de comunicação.

**Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco**

**RI010 - O mapeamento é parcial ou integral?**

Em caso de resposta "sim" à pergunta RI009, informar se o mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos abrange totalmente as áreas urbanas do município (mapeamento integral) ou apenas parte delas (mapeamento parcial).

**Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco**

**RI011 - Qual percentual da área total do município está mapeada?**



Se o mapeamento de áreas de risco de inundação no município for parcial, ou seja, se apenas parte dos cursos d'água da área urbana foi mapeada quanto aos riscos de inundação, informar o intervalo estimado da porcentagem das áreas urbanas do município mapeadas até o último dia do ano de referência.

**Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco**

**RI012 - Tempo de recorrência (ou período de retorno) adotado para o mapeamento**

Informar o tempo de recorrência (ou período de retorno), em anos, adotado para a realização do mapeamento das áreas de risco de inundação dos cursos d'água localizados na área urbana do município. Entende-se por "tempo de recorrência" ou "período de retorno" o intervalo de tempo médio que separa duas ocorrências de um evento caracterizado por uma variável aleatória única. Normalmente, esta medida de tempo é utilizada nos mapeamentos como o intervalo de tempo médio para que um evento crítico (como por exemplo, uma chuva torrencial) seja igualado ou superado, servindo como base ao planejamento das ações e infraestruturas de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.

**Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco**

**Unidade:** Anos

**RI013 - Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação**

Informar a quantidade cadastrada ou estimada de domicílios urbanos existentes no município, até o último dia do ano de referência, que se encontram suscetíveis a riscos de inundação, tendo ou não sido atingidos por eventos hidrológicos impactantes. Entende-se por "domicílio" o local de moradia estruturalmente separado e independente, constituído por um ou mais cômodos.

**Bloco: 2 - Mapeamento de áreas de risco**

**Unidade:** Domicílios

**RI022 - Número de enxurradas na área urbana do município, nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):**

Informação sobre a quantidade de enxurradas ocorridas na área urbana do município nos últimos cinco anos, considerada até o ano de referência, que foi registrada no sistema eletrônico S2ID, da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por "enxurrada" o volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Enxurradas

**RI023 - Número de enxurradas na área urbana do município, no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):**

Informação sobre a quantidade de enxurradas ocorridas na área urbana do município, no ano de referência, que foi registrada no S2ID, da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “enxurrada” o volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Enxurradas

**RI024 - Número de alagamentos na área urbana do município, nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):**

Informação sobre a quantidade de pontos de alagamentos ocorrida na área urbana do município, nos últimos cinco anos, considerada até o ano de referência, que foi registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. O “alagamento” constitui-se em água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano devido a fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Alagamentos

**RI025 - Número de alagamentos na área urbana do município, no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):**

Informação sobre a quantidade de pontos de alagamentos ocorridos na área urbana do município, no ano de referência, que foi registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade

pública por aquele órgão. O “alagamento” constitui-se em água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano devido a fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Alagamentos

**RI026 - Número de inundações na área urbana do município, nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):**

Informação sobre a quantidade de inundações ocorridas na área urbana do município, nos últimos cinco anos, considerada até o ano de referência, que foi registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Considera-se “inundação” o transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Inundações

**RI027 - Número de inundações na área urbana do município, no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):**

Informação sobre a quantidade de inundações ocorridas na área urbana do município, no ano de referência, registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo ou não sido reconhecida como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Considera-se “inundação” o transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Inundações



**RI028 - Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, devido a eventos hidrológicos impactantes nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):**

Informação sobre a quantidade de total de pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, devido a eventos hidrológicos impactantes, nos últimos cinco anos, considerada até o ano de referência, registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Consideram-se pessoas desabrigadas aquelas cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessitam de abrigo provido pelo Sistema (administração pública federal, estadual ou municipal); consideram-se pessoas desalojadas aquelas que foram obrigadas a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, em função de evacuações preventivas, destruição ou avaria grave, decorrentes do desastre, e que, não necessariamente, carecem de abrigo provido pelo Sistema. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Pessoas

**RI029 - Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, devido a eventos hidrológicos impactantes no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):**

Informação sobre a quantidade de total de pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, devido a eventos hidrológicos impactantes, ocorridos no ano de referência, registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Consideram-se pessoas desabrigadas aquelas cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessitam de abrigo provido pelo Sistema (administração pública federal, estadual ou municipal); consideram-se pessoas desalojadas aquelas que foram obrigadas a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, em função de evacuações preventivas, destruição ou avaria grave, decorrentes do desastre, e que, não necessariamente, carecem de abrigo provido pelo Sistema. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Pessoas

**RI030 - Número de óbitos, na área urbana do município, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):**

Informação sobre a quantidade de total de óbitos (mortes humanas), na área urbana do município, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, nos últimos cinco anos, considerada até o ano de referência, registrada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Óbitos

**RI031 - Número de óbitos, na área urbana do município, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):**

Informação sobre a quantidade de total de óbitos (mortes humanas), na área urbana do município, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, registrada no sistema eletrônico S2ID, da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Óbitos

**RI032 - Número de imóveis urbanos atingidos por eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência:**

Quantidade de imóveis urbanos atingidos por eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência. Entende-se por eventos hidrológicos impactantes: alagamentos, enxurradas ou inundações. Os imóveis urbanos incluem: domicílios (unidades residenciais), unidades comerciais, unidades industriais, unidades comerciais, unidades de saúde, unidades públicas (escolas, prefeitura, hospitais etc) e outras unidades.



**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Imóveis

**RI042 - No ano de referência, houve alojamento ou reassentamento de população residente em área de risco hidrológico no município, durante ou após eventos hidrológicos impactantes?**

Informar se houve ou não providências de alojamento ou reassentamento de população residente em área de risco hidrológico na área urbana do município, no ano de referência, promovidos pela administração pública federal, estadual ou municipal, tendo sido motivados por eventos hidrológicos impactantes. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Entende-se por “alojamento ou reassentamento” o procedimento de deslocamento e relocação de pessoas e de bens, desde um local onde ocorreu ou haja risco de ocorrer um desastre, até uma área segura e isenta de risco, para instalações que proporcionam hospedagem às pessoas necessitadas (abrigos, albergues, acampamentos, alojamentos etc.), de maneira provisória ou permanente.

**Bloco:** 4 - Ações perante eventos hidrológicos impactantes

**RI043 - Quantidade de pessoas transferidas para habitações provisórias durante ou após os eventos hidrológicos impactantes ocorridos no ano de referência:**

Informar a quantidade de pessoas transferidas temporariamente para habitações providenciadas pela administração pública federal, estadual ou municipal, durante ou após a ocorrência de eventos hidrológicos impactantes na área urbana do município no ano de referência. Entende-se por “eventos hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Entende-se por “habitações provisórias” as instalações que proporcionam hospedagem, de forma temporária, a pessoas necessitadas (abrigos, albergues, acampamentos, alojamentos etc.).

**Bloco:** 4 - Ações perante eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Pessoas

**RI044 - Quantidade de pessoas realocadas para habitações permanentes durante ou após os eventos hidrológicos impactantes ocorridos no ano de referência:**

Informar a quantidade de pessoas transferidas em caráter definitivo para habitações providenciadas pela administração pública federal, estadual ou municipal, durante ou após a ocorrência de eventos hidrológicos impactantes na área urbana do município no ano de referência. Entende-se por “eventos

hidrológicos impactantes” os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. As “habitações permanentes” são instalações que proporcionam abrigo, de forma definitiva, a pessoas necessitadas.

**Bloco:** 4 - Ações perante eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Pessoas

**RI045 - Houve atuação (federal, estadual ou municipal) para reassentamento da população e/ou para recuperação de imóveis urbanos afetados por eventos hidrológicos impactantes?**

Informar se houve algum tipo de intervenção da administração pública federal, estadual ou municipal em ações para reassentamento da população e/ou para recuperação de imóveis urbanos afetados pelos eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência. Exemplos de intervenções incluem: doação de recursos financeiros e/ou materiais, execução de obras e/ou serviços, programas de habitação social etc. Entende-se por eventos hidrológicos impactantes: alagamentos, enxurradas ou inundações.

**Bloco:** 4 - Ações perante eventos hidrológicos impactantes

**RI064 - Número de enxurradas na área urbana do município, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:**

Informar a quantidade de enxurradas ocorridas na área urbana do município, que até o fim do ano de referência não foi informada no sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Entende-se por “enxurrada” o volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Enxurradas

**RI065 - Número de alagamentos na área urbana do município, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:**

Informar a quantidade de pontos de alagamentos ocorridos na área urbana do município, que até o fim do ano de referência não foi informada ao sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. O “alagamento” constitui-se em água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano

devido a fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Alagamentos

**RI066 - Número de inundações na área urbana do município, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:**

Informar a quantidade de inundações ocorridas na área urbana do município, que até o fim do ano de referência não foi informada ao sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Considera-se "inundação" o transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Inundações

**RI067 - Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas na área urbana do município devido a eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:**

Informar a quantidade de total de pessoas desabrigadas ou desalojadas na área urbana do município devido a eventos hidrológicos impactantes, que até o fim do ano de referência não foi informada ao sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por "eventos hidrológicos impactantes" os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Consideram-se pessoas "desabrigadas" aquelas cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessitam de abrigo provido pelo Sistema (administração pública federal, estadual ou municipal); consideram-se pessoas "desalojadas" aquelas que foram obrigadas a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, em função de evacuações preventivas, destruição ou avaria grave, decorrentes do desastre, e que, não necessariamente, carecem de abrigo provido pelo Sistema. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Pessoas

**RI068 - Número de óbitos na área urbana do município decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:**

Informar a quantidade de total de óbitos (mortes humanas) na área urbana do município, decorrente de eventos hidrológicos impactantes, que até o fim do ano de referência não foi informada ao sistema eletrônico S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, mesmo que o evento impactante não tenha sido reconhecido como situação de emergência ou estado de calamidade pública por aquele órgão. Entende-se por "eventos hidrológicos impactantes" os fenômenos hidrológicos críticos resultantes em alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão.

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Óbitos

**RI069 - Quantidade de enxurradas, alagamentos e inundações nos últimos 5 anos**

Quantidade de enxurradas, alagamentos e inundações nos últimos 5 anos

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Ocorrências

**RI070 - Quantidade de óbitos por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos**

Quantidade de óbitos por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Óbitos

**RI071 - Quantidade de desabrigados ou desalojados por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos**

Quantidade de desabrigados ou desalojados por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos

**Bloco:** 3 - Eventos hidrológicos impactantes

**Unidade:** Pessoas

**RI999 - Observações, esclarecimentos ou sugestões**

Campo destinado às observações, esclarecimentos ou sugestões dos usuários. Referente ao Formulário de Gestão de Riscos.

**Bloco:** 5 - Observações, esclarecimentos ou sugestões



# ANEXO B - RELAÇÃO DE VARIÁVEIS DO SNIS-AP - GLOSSÁRIO DE INDICADORES 2021

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento



Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas  
Glossário de indicadores

2021

## Dados gerais (Geral)

IN042 - Parcela de área urbana em relação à área total		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{GE002}{GE001} \times 100$	GE001 - Área territorial total do município (Fonte: IBGE); GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas:	Percentual
<p><b>Finalidade:</b> Informar a parcela de área urbana em relação à área total do município. Partindo-se do princípio de que a maior parte da infraestrutura de DMAPU é planejada para a área urbana, esse indicador, em conjunto com outros indicadores, auxiliará a avaliação da eficiência da gestão do sistema. Por exemplo: em municípios com altos valores de IN042 é de se esperar que os recursos destinados à DMAPU sejam proporcionalmente maiores que em municípios onde esse indicador é menor.</p>		
IN043 - Densidade Demográfica na Área Urbana		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{GE006}{GE002 \times 100}$	GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas; GE006 - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo):	Pessoas por hectares
<p><b>Finalidade:</b> Determinar a densidade demográfica na área urbana. Contribui para avaliar o índice de impermeabilização global da área urbana por meio de correlações disponíveis em literatura e em planos de drenagem. Alta densidade demográfica indica alto índice de impermeabilização, coeficientes de escoamento superficial maiores. Quanto maior o coeficiente de escoamento, maior a parcela da chuva que escoar pela superfície e maior é o carregamento do sistema de drenagem.</p>		
IN044 - Densidade de Domicílios na Área Urbana		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{GE008}{GE002 \times 100}$	GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas; GE008 - Quantidade total de domicílios urbanos existentes no município:	Domicílios por hectares
<p><b>Finalidade:</b> Determinar a densidade de domicílios na área urbana. Assim como o IN043, contribui para avaliar o índice de impermeabilização global da área urbana por meio de correlações disponíveis em literatura e em planos de drenagem. Muitos autores e projetistas preferem utilizar a densidade de domicílios para estimar o coeficiente de escoamento superficial médio. Existem curvas de correlação calibradas para diversas cidades que podem ser utilizadas para estimativa.</p>		

**Dados financeiros (Financeiro)**

IN001 - Participação do Pessoal Próprio Sobre o Total de Pessoal Alocado nos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{AD001}{AD003} \times 100$	<b>AD001</b> - Quantidade de pessoal próprio alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas; <b>AD003</b> - Quantidade total de pessoal alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:	Percentual
<b>Finalidade:</b> Medir o contingente de recursos humanos do município (pertencente ao corpo do funcionalismo público) que trabalha nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, em relação ao contingente total. Indica a força de trabalho própria envolvida nos serviços de drenagem.		

IN006 - Receita Operacional Média do Serviço por Unidades Tributadas		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{FN005}{CB003}$	<b>CB003</b> - Quantidade total de imóveis urbanos tributados pelos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas; <b>FN005</b> - Receita operacional total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:	Reais por unidades tributadas ano
<b>Finalidade:</b> Medir a taxa média anual de serviços de drenagem cobrada, dividida somente pelas edificações tributadas. Fornece o valor da taxa média real, considerando somente as edificações oneradas pela taxa de drenagem.		

IN010 - Participação da Despesa Total dos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas na Despesa Total do Município		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{FN016}{FN012} \times 100$	<b>FN012</b> - Despesa total do município (SAÚDE, EDUCAÇÃO, PAGAMENTO DE PESSOAL, ETC.); <b>FN016</b> - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:	Percentual
<b>Finalidade:</b> Avaliar o nível de prioridade dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas nos municípios quanto ao esforço financeiro realizado para a manutenção, melhorias e ampliação dos serviços.		

IN050 - Diferença relativa entre despesas e receitas de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais urbanas		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade

**SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**

$\frac{(FN009 - FN016)}{FN009} \times 100$	<b>FN009</b> - Receita total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas; <b>FN016</b> - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas;	Percentual
<b>Finalidade:</b> Medir o quanto as despesas são maiores ou menores que as receitas dos serviços de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas.		

**IN054 - Investimentos totais desembolsados em relação aos investimentos totais contratados**

Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{FN023}{FN022}$	<b>FN022</b> - Investimento total em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratado pelo município no ano de referência; <b>FN023</b> - Desembolso total de investimentos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizado pelo município no ano de referência;	Percentual
<b>Finalidade:</b> Estimar quanto do investimento contratado para o ano de referência foi efetivamente desembolsado.		

**IN005 - Taxa Média Praticada para os Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**

Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{FN005}{GE007}$	<b>FN005</b> - Receita operacional total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas; <b>GE007</b> - Quantidade total de imóveis existentes na área urbana do município;	Reais por unidades ano
<b>Finalidade:</b> Medir a taxa média anual de serviços de drenagem cobrada no município, dividida pelo total de edificações, incluindo os que são tributados e os que não são tributados. Fornece o valor da taxa média, caso todas as edificações pagassem a taxa de drenagem.		

**IN009 - Despesa Média Praticada para os Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**

Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{FN016}{GE007}$	<b>FN016</b> - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas; <b>GE007</b> - Quantidade total de imóveis existentes na área urbana do município;	Reais por unidades ano
<b>Finalidade:</b> Medir a despesa média com os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas por edificação.		

**IN048 - Despesa per capita com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**

Equação	Informações Envolvidas	Unidade
---------	------------------------	---------



**SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**

$\frac{FN016}{GE006}$	<b>FN016</b> - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas: <b>GE006</b> - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo):	Reais por habitante ano
<b>Finalidade:</b> Medir a despesa média por habitante urbano com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.		

**IN049 - Investimento per capita em drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas**

Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{FN022}{GE006}$	<b>FN022</b> - Investimento total em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas contratado pelo município no ano de referência: <b>GE006</b> - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo):	Reais por habitante ano
<b>Finalidade:</b> Medir o investimento médio por habitante urbano com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.		

**IN053 - Desembolso de investimentos per capita**

Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{FN023}{GE006}$	<b>FN023</b> - Desembolso total de investimentos em Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas realizado pelo município no ano de referência: <b>GE006</b> - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo):	Reais por habitante ano

**Dados de infraestrutura (Infraestrutura)**

**IN020 - Taxa de Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município**

Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{IE019}{IE017} \times 100$	IE017 - Extensão total de vias públicas urbanas do município: IE019 - Extensão total de vias públicas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante):	Percentual

**Finalidade:** Medir a extensão de vias pavimentadas em relação à extensão total de vias existentes nas áreas urbanas dos municípios.

**IN021 - Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana**

Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{IE024}{IE017} \times 100$	IE017 - Extensão total de vias públicas urbanas do município: IE024 - Extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos:	Percentual

**Finalidade:** Medir a relação entre a extensão de vias urbanas com canais subterrâneos e a extensão total de vias urbanas.

**IN025 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes em Área Urbana com Parques Lineares**

Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{IE044}{IE032} \times 100$	IE032 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas: IE044 - Extensão total de parques lineares ao longo de cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas:	Percentual

**Finalidade:** Avaliar a extensão de cursos d'água com parques lineares em relação à extensão total de cursos d'água em áreas urbanas.

**IN026 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Canalização Aberta**

Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{IE034}{IE032} \times 100$	IE032 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas: IE034 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados abertos em áreas urbanas:	Percentual

**Finalidade:** Avaliar a proporção de cursos de água perenes canalizados a céu aberto em relação ao total de cursos de água urbanos.

**SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**

IN027 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Canalização Fechada		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{IE035}{IE032} \times 100$	IE032 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas: IE035 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados em áreas urbanas:	Percentual
<b>Finalidade:</b> Avaliar a parcela de cursos de água naturais, perenes que foram canalizados em galerias fechadas.		

IN029 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Diques		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{IE033}{IE032} \times 100$	IE032 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas: IE033 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com diques em áreas urbanas:	Percentual
<b>Finalidade:</b> Avaliar a extensão de cursos de água dotados de diques laterais para a proteção de áreas de várzea ocupadas.		

IN035 - Volume de reservação de águas pluviais por unidade de área urbana		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{\sum IE058}{GE002}$	GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas: IE058 - Capacidade de reservação:	Metros cúbicos por quilômetros quadrados
<b>Finalidade:</b> Medir o volume total dos reservatórios de amortecimento em relação à área urbana.		

IN051 - Densidade de captações de águas pluviais na área urbana		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{IE021 + IE022}{GE002}$	GE002 - Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas: IE021 - Quantidade de bocas de lobo existentes no município: IE022 - Quantidade de bocas de leão ou bocas de lobo múltiplas (duas ou mais bocas de lobo conjugadas) existentes no município:	Unidades por quilômetro quadrado
<b>Finalidade:</b> Medir a densidade do total de captações de águas pluviais (bocas de lobo + bocas de leão) por unidade de área urbana.		

**Dados sobre gestão de risco (Gestão de Riscos)**

IN040 - Parcela de Domicílios em Situação de Risco de Inundação		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{RI013}{GE008} \times 100$	<b>GE008</b> - Quantidade total de domicílios urbanos existentes no município; <b>RI013</b> - Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação	Percentual
<b>Finalidade:</b> Avaliar a quantidade de domicílios urbanos sujeitos a riscos de inundação em relação à quantidade total de domicílios urbanos do município.		

IN041 - Parcela da População Impactada por Eventos Hidrológicos		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{RI029 + RI067}{GE006} \times 100$	<b>GE006</b> - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo); <b>RI029</b> - Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, devido a eventos hidrológicos impactantes no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID); <b>RI067</b> - Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas na área urbana do município devido a eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:	Percentual
<b>Finalidade:</b> Avaliar a parcela da população afetada desabrigada ou desalojada devido à ocorrência de inundações.		

IN046 - Índice de Óbitos		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{(RI031 + RI068) \times 10^5}{GE006}$	<b>GE006</b> - População urbana residente no município (estimada conforme taxa de urbanização do último Censo); <b>RI031</b> - Número de óbitos, na área urbana do município, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID); <b>RI068</b> - Número de óbitos na área urbana do município decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência, que não foi registrado no sistema eletrônico (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil:	Óbitos por 100 mil habitantes
<b>Finalidade:</b> Estimar o índice de óbitos provocado por eventos hidrológicos no padrão adotado pelos órgãos de saúde pública, alinhado à taxa de mortalidade específica para causas externas, medida em óbitos por 100.000 habitantes.		

**SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**

IN047 - Habitantes Realocados em Decorrência de Eventos Hidrológicos		
Equação	Informações Envolvidas	Unidade
$\frac{(RI043 + RI044)}{GE005} \times 10^5$	<b>GE005</b> - População total residente no município (Fonte: IBGE): <b>RI043</b> - Quantidade de pessoas transferidas para habitações provisórias durante ou após os eventos hidrológicos impactantes ocorridos no ano de referência: <b>RI044</b> - Quantidade de pessoas realocadas para habitações permanentes durante ou após os eventos hidrológicos impactantes ocorridos no ano de referência:	Pessoas por 100 mil habitantes
<b>Finalidade:</b> Estimar a relação entre habitantes realocados em decorrência de eventos hidrológicos e a população total do município.		

## ANEXO C - VARIÁVEIS DO SNIS-AP CUJA RESPOSTA É DO TIPO TEXTUAL

Código	Variável	Descrição
GE016	<b>Município Crítico (Fonte: CPRM)</b>	Os municípios críticos para ação em drenagem urbana sustentável do Programa de Prevenção de Desastres Naturais do Governo Federal são os municípios brasileiros prioritários mapeados e setorizados pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil - com Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massas e Enchentes e cujo processo dominante seja decorrente de eventos hidrológicos críticos: inundação, enxurrada, enchente ou alagamento.
GE012	<b>O município participa de Comitê de Bacia ou de Sub-bacia Hidrográfica organizado?</b>	Indicar se o município participa de Comitê de Bacia ou de Sub-Bacia Hidrográfica organizado. Comitê de Bacia (ou Sub-Bacia) é o órgão colegiado formado por representantes do poder público, usuários e sociedade civil com atribuições normativas, deliberativas e consultivas a serem exercidas na bacia hidrográfica de sua jurisdição.
IE001	<b>Existe Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município?</b>	Informar se já existe ou se passou a existir, no ano de referência, o Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município. O Plano Diretor é o relatório ou projeto de engenharia no âmbito de planejamento, que compara alternativas, cenários e soluções possíveis, em função das mais diversas técnicas disponíveis, levando em consideração o custo-benefício e a viabilidade econômica e financeira para cada possibilidade. A etapa que antecede o Plano Diretor, quando necessária, é a de Inventário ou Diagnóstico. A etapa posterior, principalmente para obras de engenharia, é o Projeto Básico, que orienta os processos de licitação para contratação de empreiteiras. O Plano Diretor constitui-se na ferramenta por meio da qual as comunidades podem avaliar e priorizar os problemas e as necessidades presentes e futuras, além de considerar as alternativas de gerenciamento da drenagem de águas pluviais no município. É utilizado para tratar de funções como provisão de drenagem, mitigação de inundações, análise custo/benefício e avaliação de riscos.
IE012	<b>Existe cadastro técnico de obras lineares no município?</b>	Informação sobre a existência ou não de cadastro técnico do sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas implantado no município. Entende-se por "cadastro técnico" o conjunto de informações compostas de mapas e plantas de localização, de desenhos de detalhes e de outros registros descritivos e quantitativos sobre as infraestruturas físicas e operacionais do sistema de drenagem, feitas em papel ou em meio digital.
IE013	<b>Existe projeto básico, executivo ou "as built" de unidades operacionais de DMAPU?</b>	Informar se existe projeto básico, projeto executivo e/ou desenhos "as built" do sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas implantado no município. Entende-se por "projeto básico" o conjunto de informações básicas composto de pelo menos uma descrição sumária e mapas ou plantas de localização e de caracterização mínima dos tipos e dimensões das infraestruturas e equipamentos operacionais existentes. Por "projeto executivo", compreende-se o conjunto de informações detalhadas sobre a descrição e o processo construtivo ou de implantação e operação das infraestruturas e equipamentos operacionais existentes, composto por mapas e plantas de localização, caracterização e dimensionamento, desenhos de detalhes construtivos e operacionais e de memoriais quantitativos e descritivos de processos, de materiais, de equipamentos e operacionais e de outros elementos essenciais. Finalmente, por projeto "as built" entende-se o conjunto de informações básicas sobre como o sistema foi construído ou implantado, composto pelo menos de memorial descritivo e de desenhos ou croquis de localização, além de caracterização e dimensionamento mínimos das infraestruturas e equipamentos do sistema de drenagem de águas pluviais.
IE014	<b>Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?</b>	Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?

<b>IE016</b>	<b>Qual é o tipo de sistema de Drenagem Urbana?</b>	Informar qual o tipo predominante de sistema de drenagem de águas pluviais urbanas existente no município. O sistema de drenagem compreende a totalidade das estruturas projetadas para promover o esgotamento das águas pluviais. O SNIS-AP classifica os tipos de sistemas de DMAPU em três diferentes categorias: o exclusivo para drenagem de águas pluviais (separador absoluto), o unitário (misto com esgotamento sanitário) e o combinado. O primeiro é formado por estruturas que escoam, exclusivamente, águas pluviais. O segundo transporta águas pluviais e cargas de esgotos urbanos. O sistema combinado, por sua vez, é caracterizado quando há uma combinação dos dois tipos de sistemas (exclusivo e unitário), onde cada tipo de configuração predomina em algum trecho da rede.
<b>IE031</b>	<b>Existem cursos d'água naturais perenes dentro da zona urbana?</b>	Informar se existem cursos d'água naturais perenes na área urbana total do município. Entende-se por "curso d'água natural perene" qualquer manancial de água corrente com disponibilidade hídrica praticamente ininterrupta, ou seja, é um corpo de água fluente que possui fluxo o ano todo, ou pelo menos em 90% do ano, em canal bem definido. Rios, córregos, riachos, regatos, ribeiros são exemplos de cursos d'água, os quais são alimentados por águas provenientes de escoamento superficial (parte das águas que não infiltram no solo e tampouco evaporam) e subsuperficial (parte das águas que infiltram no solo).
<b>IE043</b>	<b>Existem parques lineares em áreas urbanas?</b>	Responder se existem parques lineares na área urbana total do município. Os parques lineares são implantados em uma faixa ao longo de um rio, córrego ou canal. Constituem-se de intervenções estruturantes de programas ambientais em áreas urbanas destinadas à conservação e à preservação dos recursos naturais, inclusive dos cursos d'água, agregando intervenções de uso humano, principalmente atividades de lazer, cultura, esporte, ciclovias, caminhos de pedestres, entre outras. Os parques têm múltiplas funções, sendo a principal delas, proteger a zona ribeirinha contra ocupações irregulares que possam vir a confinar o corpo d'água e reduzir a largura da área destinada à inundação. Dentre as outras funções que um parque linear pode ter, destacam-se: restauração de várzeas, proteção das margens contra erosão, recomposição da vegetação ciliar, redução da velocidade de escoamento com a redução dos picos de enchentes, redução da poluição difusa, promoção de área de lazer e incremento da área verde. Em termos de ação de manejo das águas pluviais urbanas, o parque linear tem como objetivo aumentar a área de várzea dos rios, ampliando as zonas de inundação e consequentemente reduzindo a vazão da água à sua jusante durante as enchentes.
<b>OP001</b>	<b>No ano de referência, quais das seguintes intervenções ou manutenções foram realizadas no sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas ou nos cursos d'água da área urbana do município?</b>	Caso tenham sido realizadas intervenções (tais como dragagem, desassoreamento, limpeza etc.) ou manutenções (preventivas ou corretivas) no sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas ou nos cursos d'água da área urbana do município durante o ano de referência, indicar, entre as opções de resposta, quais tipos dessas atividades foram executados. Os serviços de manutenção e conservação periódica dos sistemas de drenagem urbana incluem a limpeza e a conservação periódica das unidades que compõem o sistema de drenagem urbana, tais como bocas de lobo, redes coletoras, emissários, dispositivos de amortecimento de vazão, bacias de dissipação de energia etc. Essas atividades são classificadas em: limpeza e retirada de detritos que impeçam o bom funcionamento dos dispositivos de captação que estão localizados em pontos convenientes, em geral nas faixas de vias públicas, para captação de águas pluviais (bocas de lobo, caixas com grelhas, ralos etc.); limpeza e retirada de detritos que impeçam o bom funcionamento das galerias (canais fechados construídos para o escoamento das águas de chuva); dragagem e limpeza de canais através de uma draga, com a finalidade de limpar o fundo, retirando depósitos de areia, lama, objetos, de modo a permitir a recuperação das dimensões da seção de escoamento do canal; e varrição e limpeza de vias, ruas, avenidas, becos e praças localizados na área urbana; ou outra atividade.
<b>RI001</b>	<b>Com relação à gestão de riscos e resposta a desastres referentes a problemas com a Drenagem e o Manejo das Águas Pluviais Urbanas, indique quais das seguintes instituições existem no município:</b>	Indicar quais instituições (implementadas até o ano de referência), apresentadas entre as opções de resposta, existem no município e contribuem com a gestão de riscos e resposta a desastres especialmente relacionados a problemas com a Drenagem e o Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Caso haja outras instituições que atuem nesta área, indicar na opção "Outras". Se não existe nenhuma instituição no município que atue na gestão de riscos e resposta a desastres, informar na opção correspondente.

<p><b>RI005</b></p>	<p><b>Existem sistemas de alerta de riscos hidrológicos (alagamentos, enxurradas, inundações) no município?</b></p>	<p>Se no município existem ou passaram a existir, no ano de referência, sistemas de alerta de riscos hidrológicos impactantes, marcar a resposta “sim”. Entende-se por “sistema de alerta” o sistema de transmissão rápida de dados que ative mecanismos de alarme em uma população previamente treinada para reagir a um desastre, por exemplo, em decorrência a eventos hidrológicos impactantes. Um risco hidrológico pode ser representado, por exemplo, por chuvas torrenciais que ultrapassam a capacidade dos cursos d’água, provocando alagamentos, enxurradas ou inundações. Tais fenômenos podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente. Como exemplo de sistemas de alerta, tem-se os equipamentos de som e de alarme, os equipamentos de radiocomunicação, os sistemas de telecomunicação, entre outros.</p>
<p><b>RI009</b></p>	<p><b>Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d’água urbanos?</b></p>	<p>Informar se já foi feito, até o ano de referência, o mapeamento das áreas de risco de inundação dos córregos e rios urbanos do município. Entende-se por “mapeamento de áreas de risco” o levantamento ou medição das áreas onde existe a possibilidade de ocorrência de eventos adversos. O mapa de risco é um documento gráfico e textual para identificar o cenário de riscos, ameaças e condições de vulnerabilidades da população. Significa imaginar para antecipar mentalmente como pode ver-se afetada uma comunidade determinada. Um mapa de riscos de uma comunidade ou área geográfica assinala os lugares e construções – casas, escolas, instalações etc. – que poderiam ver-se adversamente afetados em uma situação de emergência. Para isso é preciso determinar no mapa as zonas e elementos que se encontram em risco. Deve ser elaborado a partir de atividades de consulta com pessoas e grupos com diferentes especialidades (inclusive de crianças e adolescentes), discutindo as alternativas para reduzir o risco. A avaliação dos riscos realizada coletivamente constitui um poderoso instrumento de educação e influencia a comunidade para aumentar a consciência pública sobre os riscos de desastres. Também facilita a participação na tomada de decisões, a planificação das ações para a resposta e para o desenvolvimento. Os envolvidos na elaboração do mapa percorrem a comunidade para o reconhecimento das diferentes áreas afetadas ou potencialmente afetadas. Alguns dos elementos a considerar para elaborar um mapa de riscos são: limites territoriais; vias de acesso; recursos naturais; infraestrutura de todo tipo; escolas, centros de saúde; outros equipamentos sociais; lugares produtivos (cultivos); redes de água potável; depósitos de lixo; sistema de drenagem; acesso à energia elétrica; áreas seguras mais próximas; áreas mais afetadas; informação epidemiológica; meios de comunicação.</p>