



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL

PAULO RENATO PEREIRA DA SILVA

**ASSOCIAÇÃO ENTRE INDICADORES DEMOGRÁFICOS,
SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS E A PREVALÊNCIA DE
MUNICÍPIOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ATINGIDOS POR
DESASTRES DE ORIGEM HIDROLÓGICA, NO PERÍODO DE 2015 A 2019.**

NITERÓI

2020

PAULO RENATO PEREIRA DA SILVA

**ASSOCIAÇÃO ENTRE INDICADORES DEMOGRÁFICOS,
SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS E A PREVALÊNCIA DE
MUNICÍPIOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ATINGIDOS POR
DESASTRES DE ORIGEM HIDROLÓGICA, NO PERÍODO DE 2015 A 2019.**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. Área de Concentração: Planejamento e Gestão de Eventos Críticos. Linha de Pesquisa: Instrumentos de Gestão para a Redução de Riscos de Desastres.

Orientador: Prof. José Rodrigo de Moraes,
D. Sc.

NITERÓI

2020

Ficha catalográfica automática - SDC/BFD
Gerada com informações fornecidas pelo autor

S586a	<p>Silva, Paulo Renato Pereira da Associação entre indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais e a prevalência de municípios do Estado do Rio de Janeiro atingidos por desastres de origem hidrológica, no período de 2015 a 2019. / Paulo Renato Pereira da Silva ; José Rodrigo de Moraes, orientador. Niterói, 2020. 94 f. : il.</p> <p>Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.</p> <p>DOI: http://dx.doi.org/10.22409/PPGDSC.2020.m.03538119716</p> <p>1. Desastre natural. 2. Prevalência. 3. Prevenção. 4. Risco. 5. Produção intelectual. I. Moraes, José Rodrigo de, orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Faculdade de Direito. III. Título.</p> <p>CDD -</p>
-------	--

Bibliotecário responsável: Sandra Lopes Coelho - CRB7/3389


SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
MESTRADO PROFISSIONAL EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL

Ata da sessão de julgamento do Trabalho Final de
Conclusão de Mestrado em Defesa e Segurança
Civil, do aluno Paulo Renato Pereira da Silva,
realizada em 22 de dezembro de 2020.

Ao vigésimo segundo dia do mês de dezembro de 2020, às 14h, reuniu-se a Banca Examinadora designada na forma regimental pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense, Área de Concentração: Planejamento e Gestão de Eventos Críticos, para julgar o trabalho final de conclusão do curso, apresentado pelo aluno **Paulo Renato Pereira da Silva**, sob o título: **“ASSOCIAÇÃO ENTRE INDICADORES DEMOGRÁFICOS, SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS E A PREVALÊNCIA DE MUNICÍPIOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ATINGIDOS POR DESASTRES DE ORIGEM HIDROLÓGICA, NO PERÍODO DE 2015 A 2019”**, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. A defesa foi realizada de forma remota utilizando a ferramenta Google Meet após a decretação das medidas de isolamento social, por conta da Pandemia de Covid-19.

A Banca foi presidida pelo Orientador:

Prof. Dr. José Rodrigo de Moraes (UFF).

Tendo ainda como membros os Professores:

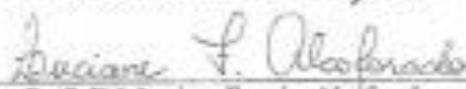
Prof. Dr. Luciane Ferreira Alcoforado (UFF) e Prof. Dr. Ivan Aurélio Fortuna Kalil de Faria (CEJOTA).

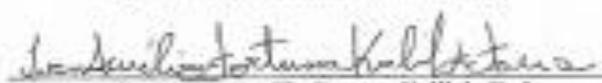
Aberta a sessão pública, foi concedido ao aluno o tempo de 40 minutos para expor o conteúdo de seu trabalho. Finda a exposição, seguiu-se o exame do aluno, através da arguição de cada examinador. Encerrada a arguição, a Comissão reuniu-se em caráter reservado e considerando os questionamentos formulados pelos examinadores e as correspondentes respostas apresentadas, concluiu pela APROVAÇÃO (*) do candidato. De acordo com o Regulamento Geral dos Cursos de Pós-Graduação desta Universidade, foi lavrada a presente Ata que após lida e julgada conforme, vai assinada pelos membros presentes. Niterói, 22 de dezembro de 2020.

SUGESTÕES E/OU CONDIÇÕES E PRAZO DA BANCA EXAMINADORA:

- *
(a) aprovação
(b) não aprovação


Prof. Dr. José Rodrigo de Moraes
Universidade Federal Fluminense - UFF


Prof. Dr. Luciane Ferreira Alcoforado
Universidade Federal Fluminense - UFF


Prof. Dr. Ivan Aurélio Fortuna Kalil de Faria
Colégio Estadual Joaquim Távora - CEJOTA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Arquiteto do Universo, “inteligência suprema, causa primária de todas as coisas”.

Agradeço à Luciana Silva, minha esposa, por caminhar ao meu lado e por ter nos proporcionado uma linda filha, Manuela Silva.

Agradeço a meus demais familiares pela constante presença em minha vida.

Agradeço à Universidade Federal Fluminense e aos idealizadores deste Mestrado pela brilhante iniciativa de instauração deste relevante Curso à sociedade.

Agradeço aos meus companheiros deste Mestrado: alunos, professores e secretariado pela valorosa convivência e troca de experiências e saberes.

Agradeço ao Professor Orientador José Rodrigo de Moraes, pelo firme acompanhamento e profissionalismo na condução de minha orientação para a realização deste estudo. Agradecimento este extensivo ao Professor Cleyton Cruz do Espírito Santo e aos Professores integrantes da Banca Examinadora deste Mestrado.

Agradeço ao Senhor Renato Newton Ramlow, à ocasião Secretário Nacional de Proteção e Defesa Civil, e ao Senhor Paulo Roberto Farias Falcão, Diretor do Departamento de Reabilitação e Reconstrução do Ministério do Desenvolvimento Regional, pelas Cartas de Recomendação ao presente Curso, além dos demais companheiros atuantes na causa da Defesa Civil.

Por fim, agradeço a todos que, eventualmente não tenham sido acima citados, mas que colaboraram para a concretização do presente trabalho.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha querida tia, Rosalia Pereira da Silva (*in memorian*), e aos meus avós (*in memorian*), Maria Magalhães Pereira da Silva e René Berthoux Pereira da Silva, exemplos de abnegação e integridade, dentre outras virtudes.

RESUMO

Os desastres de origem hidrológica constituem eventos recorrentes nos estados brasileiros em virtude de fenômenos naturais e de influências antrópicas. O presente estudo teve como objetivo analisar a associação entre indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais e a prevalência de municípios do Estado do Rio de Janeiro atingidos por desastres de origem hidrológica (inundações, enxurradas ou alagamentos) no quinquênio 2015-2019. Buscou ainda hierarquizar os municípios fluminenses segundo a prevalência (ou probabilidade) de serem atingidos por estes desastres, classificando-os como tendo probabilidade “muito alta”, “alta”, “média” ou “baixa” desta afetação. A identificação dos municípios atingidos *versus* não atingidos por desastres de origem hidrológica no período 2015-2019 foi realizada com base nos relatórios gerenciais de danos decorrentes de inundações, enxurradas e alagamentos informados por gestores públicos em Sistema Integrado de Informações do Governo Federal sobre Desastres (S2ID). Os indicadores municipais, por sua vez, foram levantados pelo IBGE e pelo Serviço Geológico do Brasil, da empresa governamental CPRM. Além das análises bivariadas, utilizou-se o modelo log-linear de Poisson para obter as razões de prevalência (RP) brutas e ajustadas com intervalos de 95% de confiança. Foi observado que 42,4% dos municípios fluminenses foram atingidos por desastres de origem hidrológica no período 2015-2019, e com base no modelo multivariado selecionado, verificou-se maior prevalência de municípios atingidos na região Noroeste Fluminense *versus* a região Sul Fluminense (RP=2,871; p-valor=0,041), e uma redução na prevalência de municípios atingidos de 2,1% ao aumentar em uma unidade o percentual de esgotamento sanitário adequado (RP=0,979; p-valor=0,005). Ao hierarquizar os 92 municípios fluminenses, foram identificados os seguintes municípios com probabilidade “muito alta” de serem atingidos por desastres do grupo hidrológico: Cambuci, Varre-Sai, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro, São José de Ubá, Trajano de Moraes e Saquarema. Desta forma, faz-se imperioso o célere e efetivo implemento da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, essencialmente nestas municipalidades com maiores propensões de serem afetadas por desastres de origem hidrológica, mediante ações de prevenção visando redução dos riscos e desastres, minoração de danos e, fundamentalmente, salvaguarda de vidas.

Palavras-chaves: Inundações. Enxurradas. Alagamentos. Indicadores. Modelo log-linear de Poisson. Razão de Prevalência. Redução de Riscos.

ABSTRACT

Disasters of hydrological origin are recurrent events in Brazilian States due to natural phenomena and anthropic influences. This study aimed to analyze the association between demographic, socioeconomic and environmental indicators and the prevalence of municipalities in the State of Rio de Janeiro affected by disasters of hydrological origin (flooding, flash flood or flood) in the 2015 – 2019 five-year period. It also sought to rank the municipalities of Rio de Janeiro according to the prevalence (or probability) of being affected by these disasters, classifying them as having a “very high”, “high”, “medium” or “low” probability of this affectation. The identification of municipalities affected *versus* not affected by hydrological disasters in the 2015- 2019 period was carried out based on the management reports of damages resulting from flooding, flash flood and flood reported by public managers in the Federal Government Integrated Disaster Information System (S2ID). The municipal indicators, in turn, were raised by the IBGE and the Geological Survey of Brazil of the government company CPRM. In addition to the bivariate analyzes, the Poisson log-linear model was used to obtain the crude and adjusted prevalence ratios (RP) with 95% confidence intervals. It was observed that 42,4% of the municipalities in Rio de Janeiro were affected by disasters of hydrological origin in the period 2015- 2019, and based on the selected multivariate model, there was a higher prevalence of municipalities affected in the Northwest Fluminense region *versus* the South Fluminense region (RP= 2, 871; p-value=0,041), and a reduction in the prevalence of affected municipalities of 2,1% by increasing the percentage of adequate sewage by one unit (RP=0,979; p-value= 0,005). By ranking the 92 municipalities in Rio de Janeiro, the following municipalities with a “very high” probability of being affected by disasters in the hydrological group were identified: Cambuci, Varre- Sai, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro, São José de Ubá, Trajano de Moraes and Saquarema. Thus, the rapid and effective implementation of the National Policy for Civil Protection and Defense is imperative, essentially in these municipalities that are more likely to be affected by disasters of hydrological origin, through preventive actions aimed at reducing the risks and disasters, mitigating damages and, fundamentally, safeguarding lives.

Keywords: Flooding. Flash Flood. Flood. Indicators. Poisson log-linear Model. Prevalence Ratio. Risk Reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Box-Plot</i> das distribuições dos percentuais de esgotamento sanitário adequado nos municípios fluminenses atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica.....	47
Figura 2 – <i>Box-Plot</i> das distribuições dos percentuais de domicílios com coleta de lixo adequada nos municípios fluminenses atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica.....	48
Figura 3 – <i>Box-Plot</i> das distribuições dos percentuais de urbanização de vias públicas nos municípios fluminenses atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica.....	49
Figura 4 – <i>Box-Plot</i> das distribuições dos valores do PIB <i>per capita</i> (R\$) dos municípios fluminenses atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica.....	49
Figura 5 – <i>Box-Plot</i> das distribuições das densidades demográficas (hab./km ²) dos municípios fluminenses atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica.....	50
Figura 6 – Gráfico da curva ROC referente ao modelo multivariado selecionado que considera o percentual de esgotamento sanitário adequado e as mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro.....	52
Figura 7 – Relação entre o percentual de esgotamento sanitário adequado e a probabilidade estimada do município ser atingido por desastres de origem hidrológica, segundo as mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro.....	53
Figura 8 – Distribuição espacial dos municípios fluminenses segundo as faixas de probabilidades de serem atingidos por desastres de origem hidrológica.....	54
Figura 9 – Distribuição espacial dos municípios segundo as faixas de probabilidades de serem atingidos por desastres de origem hidrológica, para cada uma das seis mesorregiões no Estado do Rio de Janeiro.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios do Estado do Rio de Janeiro.....	36
Quadro 2 – Distribuição das unidades segundo as a categorias da variável qualitativa $X(j = 1, 2, \dots, a)$, em cada um dos g grupos populacionais ($i = 1, 2, \dots, g$).....	39
Quadro 3 – Classificação das unidades conforme as categorias observadas e as categorias preditas do desfecho usando o modelo de regressão log-linear de Poisson.....	42
Quadro 4 – Avaliação do poder discriminatório do modelo segundo a área sob a curva ROC.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos municípios segundo a informação se foram atingidos ou não por desastres de origem hidrológica, no período de 2015 a 2019 – Estado do Rio de Janeiro.....	44
Tabela 2 – Distribuição de municípios atingidos/ não atingidos por desastres de origem hidrológica para cada mesorregião e para cada faixa de altura média anual de precipitação, no período de 2015 a 2019 – Estado do Rio de Janeiro.....	45
Tabela 3 – Esquema de cinco números (mínimo, 1º quartil, mediana, 2º quartil e máximo) para os indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica – Estado do Rio de Janeiro.....	46
Tabela 4 – Associação entre indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais e a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica, no período de 2015 a 2019.....	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CEPED – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina

CNM – Confederação Nacional de Municípios

COBRADE – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

ECP – Estado de Calamidade Pública

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

MI – Ministério da Integração Nacional

MS – Ministério da Saúde

PIB – Produto Interno Bruto

PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

REC/UFRJ – Revista de Economia Contemporânea da Universidade Federal do Rio de Janeiro

S2ID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

SE – Situação de Emergência

SEDEC – Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

SVS – Secretaria de Vigilância em Saúde

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UNISDR – Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	17
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 ÁREA GEOGRÁFICA DO ESTUDO: ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	20
2.2 DESASTRES DE ORIGEM HIDROLÓGICA.....	20
2.2.1 INUNDAÇÕES.....	22
2.2.2 ENXURRADAS.....	24
2.2.3 ALAGAMENTOS.....	25
2.3 INDICADORES MUNICIPAIS.....	25
2.3.1 DENSIDADE DEMOGRÁFICA.....	26
2.3.2 PRODUTO INTERNO BRUTO <i>PER CAPITA</i>	27
2.3.3 PERCENTUAL DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO ADEQUADO.....	28
2.3.4 PERCENTUAL DE DOMICÍLIOS COM COLETA DE LIXO ADEQUADA.....	30
2.3.5 PERCENTUAL DE URBANIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS.....	31
2.3.6 ALTURA MÉDIA ANUAL DE PRECIPITAÇÃO.....	33

3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES (S2ID) E OUTRAS FONTES DE DADOS.....	34
3.2 POPULAÇÃO DO ESTUDO.....	35
3.3 VARIÁVEIS DO ESTUDO.....	36
3.4 ANÁLISE DESCRITIVA E INFERENCIAL.....	37
3.5 MODELO ESTATÍSTICO.....	40
3.6 AVALIAÇÃO DO PODER DISCRIMINATÓRIO DO MODELO.....	41
4 RESULTADOS.....	44
4.1 ANÁLISE DESCRITIVA.....	44
4.2 MODELAGEM ESTATÍSTICA.....	50
5 DISCUSSÃO.....	56
6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
APÊNDICES.....	70
APÊNDICE A – Desastres de origem hidrológica por mesorregião nos municípios do Estado do Rio de Janeiro no período 2015 – 2019.....	70
APÊNDICE B – Hierarquização dos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro em ordem decrescente das probabilidades estimadas de serem atingidos por desastres do grupo hidrológico e classificação dos municípios como tendo probabilidade “muito alta”, “alta”, “média” ou “baixa“ de serem atingidos por desastres do citado grupo.....	74

APÊNDICE C – Artigo publicado *online* na edição de número 73 da Revista Eletrônica Educação Ambiental em Ação. ISSN 1678-0701. Seção: Artigos. Data da publicação: 03/12/2020. Volume, Série: 19, 4. Link permanente:
<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=4066>.....78

1 INTRODUÇÃO

A rápida e não planejada urbanização experimentada pelas cidades brasileiras gera problemas sociais e ambientais que estão interligados. A falta de medidas proativas com relação ao crescimento urbano leva a uma concentração de populações de baixa renda vivendo em áreas inadequadas, deixando-as mais vulneráveis a desastres (BAENINGER, 2010). A vulnerabilidade socioambiental, de acordo com Freitas *et al.* (2012), decorre de estruturas socioeconômicas que produzem ambientes deteriorados e condições precárias de vida, manifestando-se mediante menor capacidade de redução de riscos de desastres e baixa resiliência. Desta forma, as condições de vulnerabilidade das sociedades estão inversamente relacionadas aos seus níveis de desenvolvimento socioeconômico (FREITAS *et al.*, 2012).

Fatores como pobreza e desigualdade, intervenções antrópicas, aumento da impermeabilização do solo nos grandes centros urbanos, ocupação irregular de áreas próximas aos rios e córregos, destinação imprópria de resíduos sólidos, insuficiência da rede de galerias pluviais e demais problemas advindos de inadequações dos sistemas de saneamento aumentam o risco de desastres (AZEVEDO *et al.*, 2020; CEPED, 2013; TUCCI, 2012). Ainda, conforme Azevedo *et al.* (2020), a carência de saneamento básico constitui fator de agravamento a desastres no Brasil, dado que poucas cidades possuem um sistema eficiente e em condições de suportar fortes chuvas. Além disso, as características locais do relevo, a intensidade e concentração das chuvas, a umidade e precipitação acumulada em determinadas localidades também estão associadas à ocorrência de desastres (CEPED, 2013).

No Brasil, no período de 1994 a 2014, os desastres provocaram perdas públicas e privadas da ordem de R\$182,7 bilhões e 40% delas foram atribuídas a eventos hidrológicos (SVS/MS, 2018). No Estado do Rio de Janeiro, pertencente à Região Sudeste do Brasil, foram contabilizados 337.989 afetados decorrentes de desastres de origem hidrológica, no período de 2015 a 2019 (MDR, 2019).

Conforme o Marco de Sendai para a redução do risco de desastres e de suas consequências (perdas e danos) é necessário a aplicação de medidas voltadas para a prevenção do surgimento de novos riscos e redução dos já existentes por meio da adoção de um conjunto de políticas de natureza diversa (econômica, social, sanitária, jurídica, educativa, ambiental, etc.) que reduzam o grau de exposição à ameaças e

vulnerabilidade aos desastres, e que aumentem a preparação para a resposta e recuperação nos casos de desastres (UNISDR, 2015).

No Brasil, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, constituiu relevante marco quanto ao trato dos desastres, uma vez que, ao abranger ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, estipulou diretrizes, objetivos e competências aos entes federados e autorizou a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres, dentre outras providências. A PNPDEC tem como fundamentos basilares a integração das políticas públicas visando promover a redução dos riscos e desastres e o desenvolvimento sustentável, sendo este definido como “*desenvolvimento capaz de atender às necessidades da geração atual sem prejudicar a capacidade das futuras gerações de satisfazerem as suas necessidades*” (CNM, 2017, p. 17).

Baseando-se na referida lei, foi criado o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) para dar subsídios à gestão de riscos de desastres no Brasil, além de disciplinar o processo de transferência de recursos para as ações de resposta e recuperação realizadas pelo governo federal, em apoio a estados e municípios atingidos por desastres.

O presente trabalho foi pautado na identificação, usando a base de dados do S2ID, dos desastres do Grupo Hidrológico da Categoria Natural da Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), ocorridos no Estado do Rio de Janeiro, no período de 2015 a 2019. Estes desastres incluem as inundações, enxurradas e alagamentos (MDR, 2020). Adicionalmente, buscou-se avaliar a associação entre um conjunto de indicadores dos municípios do Estado do Rio de Janeiro e a prevalência de serem atingidos por desastres de origem hidrológica, de modo a possibilitar futura estimativa e dimensionamento de recursos materiais e humanos em ações da Defesa Civil, fomentando, assim, a redução dos riscos de desastres preconizada pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo é analisar a associação entre indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios do Estado do Rio de Janeiro e a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica (inundações, enxurradas ou alagamentos) no quinquênio 2015- 2019.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste estudo são:

- Apresentar conceitos, dados e panorama dos desastres do Grupo Hidrológico da COBRADE ocorridos no Estado do Rio de Janeiro entre os anos de 2015 e 2019;
- Analisar e comparar a distribuição de indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios do Estado do Rio de Janeiro, segundo a ocorrência ou não de desastres de origem hidrológica (inundações, enxurradas ou alagamentos), no período de 2015 a 2019;
- Estimar a probabilidade de cada município do Estado do Rio de Janeiro ser atingido por desastres de origem hidrológica a partir dos indicadores municipais selecionados;
- Analisar o perfil demográfico, socioeconômico e ambiental dos municípios fluminenses e sua relação com a probabilidade (ou prevalência) de serem atingidos por desastres de origem hidrológica;
- Hierarquizar os 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro segundo as suas probabilidades estimadas de serem atingidos por desastres de origem hidrológica e classificá-los como tendo probabilidade “muito alta”, “alta”, “média” ou “baixa” de serem atingidos por estes desastres;
- Analisar a distribuição espacial das probabilidades estimadas dos municípios serem atingidos por desastres de origem hidrológica.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A análise dos dados provenientes dos Relatórios Gerenciais de Danos decorrentes de Desastres do Grupo Hidrológico da COBRADE, no período de 2015 a 2019, nos municípios do Estado do Rio de Janeiro, visa subsidiar preventivamente o planejamento dos gestores públicos quanto à estimativa e dimensionamento de recursos públicos, materiais e humanos em ações da Defesa Civil no que se refere a perspectivas de ocorrências de desastres, fomentando, desta forma, a Redução dos Riscos de Desastres preconizada pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012.

Destaca-se a relevância do presente estudo ao se considerar os grandes impactos socioeconômicos e ambientais de desastres do Grupo Hidrológico ocorridos no Estado do Rio de Janeiro nos últimos anos, fundamentalmente, as perdas humanas ocasionadas por esses desastres.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho apresenta-se estruturado em 6 (seis) capítulos. O capítulo Introdução, ao trazer a problemática basilar do objeto de estudo, evidencia os objetivos e a relevância do estudo realizado.

No Capítulo 2, denominado Fundamentação Teórica, o autor define a área geográfica e o período de análise do estudo e apresenta elementos e conceitos aprofundados acerca dos desastres do grupo hidrológico da categoria natural da COBRADE: inundações, enxurradas e alagamentos. No Capítulo também são elencados indicadores municipais, sendo descritas suas características e particularidades.

O Capítulo 3, definido como Material e Métodos, aborda as fontes de dados utilizados no trabalho, descreve a população e as variáveis do estudo (indicadores municipais), além do modelo de regressão log-linear de Poisson, que foi o modelo estatístico adotado para analisar a associação entre os indicadores municipais e a prevalência (ou probabilidade) de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica. Além disso, descreve medidas para avaliar o poder discriminatório do modelo selecionado.

O Capítulo 4, Resultados, expressa os resultados da análise descritiva e inferencial de dados e do ajuste do modelo estatístico adotado, incluindo o cálculo das medidas de avaliação do poder discriminatório do modelo.

No Capítulo 5, Discussão, são apresentadas as discussões dos resultados, bem como as limitações e as potencialidades do estudo.

O Capítulo 6 expressa as conclusões, as considerações finais e recomendações de direcionamentos futuros referentes à pesquisa.

O segmento posterior, por sua vez, elenca as Referências Bibliográficas, de modo a listar todo o manancial de consulta e embasamento adotados.

No Apêndice A, consta tabela com a identificação dos 92 municípios fluminenses atingidos e não atingidos por desastres do grupo hidrológico no período 2015-2019, bem como a identificação dos eventos hidrológicos ocorridos por ano. No

Apêndice B, consta uma tabela com a hierarquização dos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro, em ordem decrescente das probabilidades estimadas de serem atingidos por desastres de origem hidrológica, com a classificação dos municípios como tendo probabilidade “muito alta”, “alta”, “média” ou “baixa” de serem atingidos pelos citados desastres.

O Apêndice C apresenta Artigo relacionado ao presente trabalho, publicado *online* na edição de número 73 da Revista Eletrônica Educação Ambiental em Ação, de 03/12/2020.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ÁREA GEOGRÁFICA DO ESTUDO: ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Segundo dados do Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Estado do Rio de Janeiro possui uma população de 15.989.929 pessoas e uma densidade demográfica de 365,23 habitantes/Km², sendo o terceiro estado brasileiro com maior número de habitantes.

O Estado do Rio de Janeiro é composto por 92 (noventa e dois) municípios, os quais, neste trabalho, foram agrupados em 6 (seis) mesorregiões geográficas. Os municípios constituem as unidades autônomas de menor hierarquia dentro da organização político-administrativa do país, sendo a Cidade definida como a localidade sede da Prefeitura Municipal (IBGE, 2012).

O presente trabalho foi pautado em mesorregiões geográficas do Estado do Rio de Janeiro e em seus respectivos municípios, sendo as primeiras definidas como:

Conjuntos de municípios contíguos, pertencentes à mesma Unidade da Federação, que apresentam formas de organização do espaço geográfico definidas pelas seguintes dimensões: o processo social, como determinante, o quadro natural, como condicionante, e a rede de comunicação e de lugares, como elemento de articulação espacial. Essas três dimensões possibilitam que o espaço delimitado como Mesorregião tenha uma identidade regional construída ao longo do tempo pela sociedade que aí se formou (IBGE, 1990, p. 8.).

As 6 (seis) mesorregiões definidas para o Estado do Rio de Janeiro, neste estudo, foram: Noroeste Fluminense, Norte Fluminense, Centro Fluminense, Baixadas, Sul Fluminense e Metropolitana (IBGE, 2017). O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais - Volume Rio de Janeiro - 1991 a 2012, também destaca a divisão geográfica do Estado do Rio de Janeiro em 6 (seis) mesorregiões (CEPED, 2013).

2.2 DESASTRES DE ORIGEM HIDROLÓGICA

Os desastres no Brasil, segundo a COBRADE, são categorizados em desastres de origem natural ou tecnológica. Os desastres de origem tecnológica são subdivididos em cinco grupos, relacionados a substâncias radioativas, produtos perigosos, incêndios urbanos, obras civis e transporte de passageiros e cargas não perigosas. Os desastres de

origem natural são subdivididos, também, em outros cinco grupos: geológico, hidrológico, meteorológico, climatológico e biológico.

Desastres são definidos na Instrução Normativa nº 36, de 04/12/2020, do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) como:

Resultado de eventos adversos, naturais, tecnológicos ou de origem antrópica, sobre um cenário vulnerável exposto a ameaça, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos (BRASIL, 2020).

O Glossário de Defesa Civil da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) definiu desastre como: “*Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais*” (CASTRO, 1998, p. 57).

A Instrução Normativa nº 36, de 04/12/2020, ainda estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal. Este normativo, em seu artigo 3º, classifica os desastres quanto à intensidade em três níveis: nível I - desastres de pequena intensidade; nível II - desastres de média intensidade; nível III - desastres de grande intensidade.

Os desastres de nível I são aqueles em que há somente danos humanos consideráveis e que a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local ou complementados com o aporte de recursos estaduais e federais. Os desastres de nível II são aqueles onde os danos e prejuízos são suportáveis e superáveis pelos governos locais e a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local ou complementados com o aporte de recursos estaduais e federais. Constituem desastres de nível III, aqueles nos quais os danos e prejuízos não são superáveis e suportáveis pelos governos locais e o restabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação coordenada das três esferas de governo e, se necessário, de ajuda internacional. Os desastres de nível I e II motivam a decretação de situação de emergência, enquanto os desastres de nível III a decretação de estado de calamidade pública (BRASIL, 2020).

Conforme a mencionada Instrução Normativa nº 36, de 04/12/2020, do referido MDR:

Os desastres de nível II são caracterizados pela ocorrência de ao menos dois danos, sendo um deles obrigatoriamente danos humanos que importem no prejuízo econômico público ou no prejuízo econômico privado que afetem a capacidade do poder público local em responder e gerenciar a crise instalada. Os desastres de nível III são caracterizados pela concomitância na existência de óbitos, isolamento de população, interrupção de serviços essenciais, interdição ou destruição de unidades habitacionais, danificação ou destruição de instalações públicas prestadoras de serviços essenciais e obras de infraestrutura pública (BRASIL, 2020).

A denominação desastre de origem natural se refere a situações de ruptura do funcionamento normal de um determinado contexto socioeconômico, local ou regional, decorrentes de eventos associados a fenômenos ou processos naturais, cujas consequências alcançam dimensões que superam a capacidade de recuperação do ambiente impactado mediante recursos próprios das comunidades afetadas, sendo necessária ajuda externa (UNISDR, 2009, p. 13-14; CPRM, 2014).

Os desastres de origem natural, do Grupo Hidrológico, subdividem-se em: inundações, enxurradas e alagamentos.

2.2.1 INUNDAÇÕES

Conforme a Instrução Normativa nº 36, de 04/12/2020, em seu Anexo V, COBRADE, as inundações são definidas como:

Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície (BRASIL, 2020).

Anteriormente à citada Instrução Normativa nº 36, de 04/12/2020, inundação (*flooding*) era denominada como o atingimento e submersão da planície aluvial pelo transbordamento das águas do canal principal de um rio (*river flooding*), devido à evolução do processo de enchente ou cheia (*flood*) (CPRM, 2014, p. 6).

Inundação, ainda, segundo o Serviço Geológico do Brasil, assumiu o significado de “*elevação temporária do nível d’água relativo ao leito regular de um canal em dada bacia de drenagem, normalmente em virtude do acréscimo de vazão d’água por eventos chuvosos de longa duração e elevados índices pluviométricos acumulados*” (CPRM, 2014, p.6). Consequentemente, os excessos de água podem alcançar a planície aluvial atual (várzea, leito menor) e os terraços fluviais antigos (leito maior), topograficamente

alçados em relação à cota da planície aluvial atual, bem como outros terrenos mais elevados, situados em flancos de encostas adjacentes (CPRM, 2014, p. 6).

Em terrenos ligados a processos litorâneos, mediante influência regular das marés, como planícies costeiras, mangues, praias e terraços marinhos, foi caracterizada a inundação costeira (*coastal flooding*), tendendo a ocorrer junto a processos de origem continental (CPRM, 2014, p. 6).

No presente contexto, deve-se destacar que o apropriado mapeamento de áreas suscetíveis a inundações deve ter como base fatores permanentes, ou seja, características geológicas, topográficas e morfológicas das bacias propensas ao transbordamento do nível d'água em decorrência de chuvas intensas.

Cumpra-se ressaltar que, ainda no que tange ao rol de definições anteriores à Instrução Normativa nº 36/2020, o Glossário de Defesa Civil da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) qualificou enchente como “*elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal, sendo termo normalmente utilizado como sinônimo de inundação*” (CASTRO, 1998, p. 67).

Cheia foi definida como “*enchente de um rio, causada por fortes chuvas ou fusão das neves, ou ainda como a elevação temporária e móvel do nível das águas de um rio ou lago*” (CASTRO, 1998, p. 43).

O mesmo Glossário definiu, à ocasião, inundação como:

Transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. Em função da magnitude, as inundações foram classificadas como: excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude. Em função do padrão evolutivo, foram classificadas como: enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas (CASTRO, 1998, p. 102).

Na maioria das vezes, o incremento de elevados escoamentos superficiais é provocado por precipitações pluviométricas intensas e concentradas, pela intensificação do regime de chuvas sazonais, pela saturação do lençol freático ou por degelo. As inundações podem ter outras causas como: assoreamento do leito dos rios; compactação e impermeabilização do solo; erupções vulcânicas em áreas de nevados; invasão de terrenos deprimidos por maremotos, ondas intensificadas; precipitações intensas com marés elevadas; rompimento de barragens; drenagem deficiente de áreas a montante de aterros e estrangulamento de rios provocado por desmoronamento (CASTRO, 1998, p. 102).

A previsão das maiores concentrações de precipitação no estado pode ser esperada para os meses de verão, tendo característica sazonal. Assim, os meses que apresentam maior frequência de desastres por inundação são aqueles da estação chuvosa, em virtude do aumento dos acumulados pluviométricos. Os episódios de inundação, em geral, são recorrentes em áreas urbanas, principalmente naquelas com ocupação populacional desordenada em planícies de inundação. Nesse contexto, o acompanhamento da evolução diária das condições meteorológicas e o monitoramento do nível dos rios contribuem para minimizar danos humanos e materiais (CEPED, 2013).

2.2.2 ENXURRADAS

O Glossário de Defesa Civil da SEDEC define enxurrada como “*volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas*”, ou ainda, “*cheia repentina, de pequena duração, com uma descarga de ponta relativamente alta*” (CASTRO, 1998, p. 43-68). Associa-se a elevada energia de transporte e capacidade de arraste, com elevado potencial de impacto destrutivo, podendo induzir a instabilização e o solapamento de taludes marginais ao longo do curso d’água (CPRM, 2014, p. 7).

Segundo a antes citada Instrução Normativa nº 36, de 04/12/2020, em seu Anexo V, COBRADE, as inundações bruscas passaram a ser denominadas enxurradas, sendo definidas como:

Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo (BRASIL, 2020).

As enxurradas podem ocorrer em qualquer localidade, sendo que nem sempre sua ocorrência está associada a municípios mais populosos. Desta forma, além dos fatores antrópicos, as características do relevo, a intensidade das chuvas, a umidade e precipitação antecedente devem ser levadas em consideração na análise desses desastres. A ocupação de áreas próximas aos rios e córregos, assim como a urbanização desordenada devem ser considerados no processo de deflagração desses desastres cada vez mais intensos (CEPED, 2013).

2.2.3 ALAGAMENTOS

Segundo o Glossário de Defesa Civil da SEDEC, alagamento caracteriza-se por “*água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes*” (CASTRO, 1998, p. 15).

Na Instrução Normativa nº 36, de 04/12/2020, em seu Anexo V, COBRADE, os alagamentos são definidos como “*extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas*” (BRASIL, 2020).

Nesse panorama, a drenagem urbana sustentável visa imitar o ciclo hidrológico natural controlando o escoamento superficial o mais próximo da fonte, através de técnicas estruturais (obras de ampliação do sistema de drenagem, bacias de retenção) e não estruturais (legislação urbanística e zoneamento urbano) com objetivo de reduzir a exposição da população a alagamentos e inundações, de modo a minimizar os impactos danosos à população e ao meio ambiente (CEPED, 2013).

O crescimento populacional com ausência de planejamento urbanístico acarreta aumento da impermeabilização do solo, ocasionando maior escoamento superficial. Desta forma, os municípios populosos tornam-se mais suscetíveis à ocorrência de alagamentos. Outros pontos mencionados referentes à urbanização desordenada que contribuem para a ocorrência de alagamentos são: a presença de construções adensadas, o descarte impróprio de resíduos, a insuficiência da rede de galerias pluviais, e demais problemas advindos de inadequações dos sistemas de saneamento (CEPED, 2013).

No que se refere à problemática dos alagamentos, é necessário o implemento de plano diretor de drenagem urbana nos municípios, de modo a minimizar os transtornos decorrentes dos alagamentos nas grandes cidades.

2.3 INDICADORES MUNICIPAIS

No presente trabalho, foram utilizados indicadores, definidos por Jannuzzi (2014), como:

componentes centrais na definição de uma estratégia de monitoramento. Prestam-se a operacionalizar de forma objetiva conceitos abstratos - como os indicadores sociais em diagnósticos

socioeconômicos –, ou a conferir alguma comensurabilidade a processos e etapas de trabalho – indicadores de processos ou produtos – em políticas ou programas (JANNUZZI, 2014, p. 32 - 33).

Segundo Jannuzzi (2014):

é necessário buscarmos dados administrativos, gerados no âmbito dos programas públicos, em cadastros oficiais, em registros de atendimento de serviços e estatísticas públicas, produzidas pelo IBGE e outras instituições congêneres para que, combinados na forma de taxas, proporções, índices ou mesmo em valores absolutos, transformem-se em indicadores sociais (JANNUZZI, 2014, p. 24).

Os indicadores são qualificados como insumos básicos e indispensáveis ao processo de formulação, implemento e avaliação de políticas e programas públicos (IBGE, 2017).

No presente estudo, foram considerados os indicadores: mesorregião, altura média anual de precipitação, densidade demográfica, percentual de domicílios particulares permanentes com coleta de lixo adequada, percentual de esgotamento sanitário adequado, percentual de urbanização de vias públicas e PIB *per capita*.

A relevância destes indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais consiste na capacidade de fornecerem informações sobre as unidades político-administrativas mais próximas dos cidadãos, os municípios, possibilitando, desta forma, analisar as referidas características demográficas, socioeconômicas e ambientais dos 92 (noventa e dois) municípios do Estado do Rio de Janeiro, bem como avaliar a associação destas características com a ocorrência ou não de desastres de origem hidrológica nos municípios fluminenses.

Através dos citados indicadores é possível subsidiar ações municipais de planejamento e gestão territorial, além da formulação de políticas públicas voltadas à prevenção dos desastres, inclusive de revisão dos planos diretores municipais.

Assim, sob este aspecto, o prévio conhecimento das suscetibilidades e propensões de ocorrências de desastres de origem natural associados a fatores hidrológicos, aliado a políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano e meio ambiente, constitui elemento basilar à busca do almejado desenvolvimento municipal sustentável.

2.3.1 DENSIDADE DEMOGRÁFICA

A Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o Saneamento Básico, expressa em seu artigo 48, IX, que a União, no

estabelecimento de sua política de saneamento básico, observará a adoção de critérios objetivos de elegibilidade e prioridade, levando em consideração fatores como a concentração populacional (BRASIL, 2007).

A densidade demográfica é um indicador demográfico expresso em habitantes por quilômetro quadrado (hab./Km²). Nesse contexto, o indicador densidade demográfica representa a relação entre o número de pessoas em domicílios particulares ocupados e a área (IBGE, 2013).

Segundo Jannuzzi & Silva (2009), a densidade demográfica pode ser considerada um indicador representativo de déficit social, no sentido de que regiões com maior adensamento populacional tenderiam a apresentar um maior déficit social, devido à complexidade urbana e às deseconomias¹ oriundas da aglomeração urbana (JANNUZZI; SILVA, 2009, p. 127).

2.3.2 PRODUTO INTERNO BRUTO *PER CAPITA*

O Produto Interno Bruto (PIB) a preços de mercado é um indicador econômico que mede o total dos bens e serviços produzidos pelas unidades produtoras residentes destinadas ao consumo final, sendo equivalente à soma dos valores adicionados pelas diversas atividades econômicas, acrescida dos impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos. O PIB equivale também à soma dos consumos finais de bens e serviços mensurados a preço de mercado sendo, também, equivalente à soma das rendas primárias (IBGE, 2016).

O PIB é, portanto, uma medida da produção realizada por um país, estado ou município. Cumpre-se ressaltar que o PIB não expressa o total da riqueza existente em um município, o PIB é um indicador de fluxo de novos bens e serviços finais produzidos durante um determinado período, normalmente em 1 (um) ano. Pode-se exemplificar que se um município não produzir nada em um ano, o seu PIB será nulo.

O PIB pode ser considerado como mais um indicador síntese da economia de um dado ente da federação, não possibilitando constituir elemento de análise específica de demais indicadores de desenvolvimento, como por exemplo, distribuição de renda, qualidade de vida, educação e saúde.

¹ Deseconomias oriundas de aglomeração urbana referem-se às perdas econômicas advindas da concentração geográfica das atividades produtivas. As deseconomias de aglomeração redirecionam o eixo de investimentos para novos centros urbanos em busca de mão-de-obra mais barata e de incentivos fiscais (REC/UFRJ, 2013, p. 2).

Jannuzzi (2004) define PIB *per capita* como:

Um indicador econômico, já que mede o valor total de bens e serviços finais produzidos internamente na economia de um país relativamente ao tamanho da sua população. Pode ser entendido também como a soma dos rendimentos pagos aos assalariados e autônomos, pagamentos feitos ao governo, aluguéis e lucros recebidos pelos proprietários (JANNUZZI, 2004, p. 94).

A partir do valor do PIB de um determinado município, pode-se calcular o PIB *per capita*, através da razão entre o PIB municipal e o tamanho da população residente (número de habitantes) do referido município.

Considerando o PIB um importante indicador síntese da economia dos municípios, constitui expectativa associada aos municípios detentores dos melhores índices, a posse de condições econômicas mais propícias à implementação de elementos da PNPDEC, fundamentalmente quanto a medidas de prevenção e redução de vulnerabilidades associadas a desastres.

2.3.3. PERCENTUAL DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO ADEQUADO

A Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, expressa em seu artigo 3º, I, b, que o esgotamento sanitário é *“constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente”* (BRASIL, 2007).

A referida Lei nº 11.445/2007, ainda define, em seu artigo 54- B, § 1º, I, como investimentos em sustentabilidade e eficiência dos sistemas de saneamento básico aqueles que atendam ao alcance das metas de universalização da coleta e tratamento de esgoto.

Nesse cenário, o percentual de esgotamento sanitário adequado é definido como a razão entre a população total residente nos domicílios particulares permanentes² com esgotamento sanitário do tipo rede geral de esgoto ou fossa séptica e a população total residente nos domicílios particulares permanentes, multiplicada por 100 (cem) (IBGE, 2010).

Segundo o Censo Demográfico 2010, considera-se o esgotamento sanitário do domicílio como rede geral de esgoto, quando:

² Domicílio particular permanente é aquela unidade construída para servir, exclusivamente, à habitação, cuja função é servir de moradia a pelo menos uma pessoa (IBGE, 2010, p. 19).

a canalização das águas servidas e dos dejetos, proveniente do banheiro ou sanitário, estava ligada a um sistema de coleta que os conduzia a um desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não dispusesse de estação de tratamento da matéria esgotada (IBGE, 2012, p. 33).

O tipo de esgotamento sanitário do domicílio é classificado, por sua vez, como fossa séptica na situação em que:

a canalização do banheiro ou sanitário estava ligada a uma fossa séptica, ou seja, a matéria era esgotada para uma fossa próxima, onde passava por um processo de tratamento ou decantação, sendo, ou não, a parte líquida conduzida em seguida para um desaguadouro geral da área, região ou município (IBGE, 2012, p. 33).

Outros tipos de esgotamento sanitário, considerados inadequados, englobam situações em que o banheiro ou sanitário do domicílio estavam ligados a uma fossa rústica (fossa negra, poço, buraco etc.) ou a uma vala, ou ainda, por exemplo, a um rio, lago ou mar (IBGE, 2012).

A existência de esgotamento sanitário adequado, além de corresponder a relevante indicador sob o aspecto socioambiental, traduz o nível de desenvolvimento municipal considerando as questões sanitárias intrínsecas ao campo da promoção da saúde pública.

Deve-se destacar que o artigo 2º, inciso XI, do Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, define os serviços públicos de saneamento básico como:

Conjunto dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos, de limpeza urbana, de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e de drenagem e manejo de águas pluviais, bem como infraestruturas destinadas exclusivamente a cada um destes serviços (BRASIL, 2010).

Logo, o legislador ao destacar infraestrutura exclusiva para cada serviço, deixa clara a vedação de interferências entre os sistemas de drenagem e esgotamento sanitário.

O referido Decreto nº 7.217/ 2010, ainda, em seu artigo 11º, § 1º, disciplina que: *“Na ausência de rede pública de esgotamento sanitário serão admitidas soluções individuais, observadas as normas editadas pela entidade reguladora e pelos órgãos responsáveis pelas políticas ambientais, de saúde e de recursos hídricos”* (BRASIL, 2010).

A correta destinação do esgoto, em rede própria ou fossa séptica, desonera a rede de drenagem de eventuais incorretas ligações da rede de esgoto à rede de águas pluviais, uma vez que deve vigorar o sistema separador absoluto entre o efluente de esgoto

sanitário e as águas pluviais. Desta forma, pode-se inferir correlação entre a adequada destinação de esgoto e o apropriado funcionamento do sistema de drenagem dos municípios, reduzindo aspectos de vulnerabilidade quando da ocorrência de elevadas precipitações.

2.3.4 PERCENTUAL DE DOMICÍLIOS COM COLETA DE LIXO ADEQUADA

A Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, expressa em seu artigo 3º, I, alínea “c”, que a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos caracterizam-se pelo “conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas” (BRASIL, 2007).

Nesse cenário, foi adotado como um dos indicadores dos municípios fluminenses o percentual de domicílios particulares permanentes com coleta de lixo adequada, definido pela razão entre o número de domicílios particulares permanentes com coleta de lixo adequada e o número total de domicílios particulares permanentes, multiplicada por 100. A coleta de lixo é considerada como adequada quando a destinação do lixo realiza-se diretamente por serviço de empresa pública ou privada de limpeza urbana ou em caçamba, tanque ou depósito, fora do domicílio, para posterior coleta por serviço de empresa de limpeza urbana (IBGE, 2012).

Por outro lado, considera-se como destinação inadequada do lixo, quando o lixo domiciliar é queimado ou enterrado em terrenos ou propriedades onde se localizava o domicílio, jogado em terrenos baldios ou em logradouros públicos, ou então, quando jogado em rio, lago ou mar (IBGE, 2012; IBGE, 1999).

A Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, preceitua em seu artigo 3º, XI, que a gestão integrada de resíduos sólidos se caracteriza pelo:

Conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

É mister a implementação efetiva de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, considerando que a disposição final adequada dos resíduos sólidos e a conscientização da população quanto ao correto descarte do lixo minimizam o

carreamento e acúmulo de lixo no interior das galerias de drenagem quando das precipitações, grandes causas de entupimentos e comprometimentos dos sistemas de drenagem dos municípios. Adicionalmente, varrição e limpeza de ruas devem ser ações prioritárias contribuindo à manutenção e conservação dos sistemas de drenagem.

Deve-se ressaltar a importância do indicador associado ao tipo de deposição do lixo na modalidade lixo coletado, uma vez que a inadequada destinação de lixo é fator determinante ao comprometimento do sistema de drenagem urbana. Desta forma, há expectativa de que haja direta correlação entre o presente indicador de desenvolvimento dos municípios e a redução da vulnerabilidade quando da ocorrência de elevadas precipitações.

2.3.5. PERCENTUAL DE URBANIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS

A Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, expressa em seu artigo 48, IX, que a União, no estabelecimento de sua política de saneamento básico, observará a adoção de critérios objetivos de elegibilidade e prioridade, levando em consideração fatores como o grau de urbanização (BRASIL, 2007).

A referida Lei nº 11.445/2007, ainda define, em seu artigo 2º, IV, que os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base na:

disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado (BRASIL, 2007).

A Constituição Federal de 1988, no artigo 30, inciso VIII, descreve que os municípios têm a competência para “*promover, no que couber, adequado ordenamento territorial mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano*” (BRASIL, 1988).

No presente estudo foi adotado o indicador percentual de urbanização de vias públicas, definido como a razão entre o número de domicílios particulares permanentes urbanos em face de quadra com bueiro ou boca de lobo³, pavimentação, meio-fio e calçada e o número total de domicílios particulares permanentes urbanos, multiplicada por 100 (IBGE, 2012).

³ Considera-se como bueiro ou boca de lobo a “*abertura que fornece acesso a caixas subterrâneas, por onde ocorre o escoamento da água proveniente de chuvas*” (IBGE, 2012, p. 28).

Nesse contexto, face de quadra foi definida como cada lado de uma quadra, contendo ou não domicílios ou estabelecimentos. Quadra ou quarteirão foi convencionado como todo trecho retangular bem definido de uma área urbana ou aglomerado rural com quarteirões fechados ou abertos, limitado por ruas e/ou estradas, podendo ter forma irregular e ser limitado por elementos como estradas de ferro, cursos d'água ou encostas (IBGE, 2012).

As características do entorno dos domicílios investigadas no Censo Demográfico 2010 permitem descrever o ambiente intraurbano da população, em particular as condições de circulação nas vias públicas e a infraestrutura urbana disponível.

Deve-se destacar que o levantamento censitário realizado pelo IBGE não contemplou o entorno dos domicílios onde não havia face de quadra identificada, fato corriqueiro em áreas de aglomerados subnormais, ou seja, loteamentos irregulares ou clandestinos, áreas invadidas e loteamentos irregulares e clandestinos até mesmo recentemente regularizados (IBGE, 2012).

O indicador de urbanização de vias públicas assume elevada importância na medida em que pode servir de elemento para a atuação do poder público no que tange à avaliação de políticas públicas, gestão do território e ao cumprimento da legislação sobre o ordenamento urbanístico das cidades, disciplinado pela Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, Estatuto das Cidades, que estabelece diretrizes gerais da política urbana (BRASIL, 2001).

Considerando que o indicador se associa diretamente às condições de qualidade de vida da população ao se referir a características urbanísticas do entorno dos domicílios particulares permanentes urbanos, com fins de habitação para uma ou mais pessoas, infere-se que a urbanização de vias públicas retrate direta correlação entre a existência de localidades providas de infraestrutura e drenagem e a redução de efeitos colaterais decorrentes das precipitações pelo apropriado escoamento de águas pluviais.

Deve-se frisar que obras de pavimentação nas cidades, apesar de proverem melhoria da mobilidade urbana, provocam o aumento do escoamento superficial em detrimento da infiltração das águas pluviais no solo, vindo a contribuir para eventos de erosão, assoreamentos, alagamentos, inundações e, inclusive, proliferação de vetores causadores de doenças nas cidades. Nesse panorama, os dispositivos coletivos de retenção ou amortecimento de águas pluviais urbanas para controle de vazão permitem a atenuação da energia cinética das águas, inibindo o carreamento de sedimentos e detritos para os corpos hídricos receptores dos efluentes da drenagem pluvial.

Desta forma, constituem fatores imprescindíveis ao desenvolvimento sustentável dos municípios, a realização de projetos de drenagem e manejo das águas pluviais, além da limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes de drenagem, assegurando transporte, detenção/ retenção para o amortecimento de vazões de cheias, além do tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

2.3.6 ALTURA MÉDIA ANUAL DE PRECIPITAÇÃO

O indicador altura média anual de precipitação foi obtido do Serviço Geológico do Brasil, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), diretamente das cartas de suscetibilidades a movimentos gravitacionais de massa e inundações.

A CPRM fornece uma carta de suscetibilidades a movimentos gravitacionais de massa e inundações para cada município do Estado do Rio de Janeiro, apresentando a precipitação pluviométrica total do ano, ou seja, sua respectiva altura média anual, com a precipitação dada em milímetros (mm) (CPRM, 2014).

O IBGE descreve em Nota Técnica de macro-caracterização dos recursos naturais do Brasil, informações referentes a deslizamentos (de solo e/ou rocha, segundo a COBRADE), porém, o entendimento pode ser estendido aos desastres de origem hidrológica, substituindo-se no texto o termo “deslizamentos” por “desastres de origem hidrológica”, uma vez que o tema em foco se refere à pluviosidade:

Em geral, as chuvas costumam ser a principal variável deflagradora de deslizamentos em ambientes tropicais. Quanto mais intenso o episódio de precipitação, isto é, o volume de chuva em um determinado período, maior a probabilidade de ocorrerem eventos de deslizamentos em áreas predispostas, nas quais os meios físico, biótico e artificial favoreçam a ocorrência de movimentos de massa (IBGE, 2019, p. 35).

Devido à indisponibilidade de informações de intensidade de chuva para todo o território brasileiro, o IBGE utiliza a precipitação média anual oriunda do Atlas Pluviométrico do Brasil, elaborado pela CPRM. Espera-se que as áreas que apresentem maiores valores de precipitação média anual também sejam aquelas que, em geral, contenham mais episódios intensos de chuva (IBGE, 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES (S2ID) E OUTRAS FONTES DE DADOS

Os dados sobre a ocorrência ou não de desastres de origem hidrológica em nível municipal utilizados nesta dissertação foram obtidos com base nos relatórios gerenciais de danos decorrentes de desastres do grupo hidrológico da COBRADE, informados por gestores dos municípios no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), disponibilizados no endereço: <https://s2id.mi.gov.br/> (MDR, 2019).

O S2ID, sistema elaborado pela SEDEC, em parceria com o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/UFSC), fornece subsídios à gestão de riscos decorrentes de desastres no Brasil, uma vez que seus relatórios gerenciais apresentam dados relacionados a registros de danos e prejuízos, reconhecimentos federais de situação de emergência (SE) e de estado de calamidade pública (ECP) realizados pela SEDEC, além de ações de resposta e obras de reconstrução decorrentes de desastres. (MDR, 2019).

Para a caracterização de Situação de Emergência, quanto a danos humanos, deve ter ocorrido de uma a nove mortes e/ou de um a noventa e nove afetados pelo desastre. Para configurar Estado de Calamidade Pública, no que tange a danos humanos, deve ter ocorrido um mínimo de dez mortes e/ou um mínimo de cem afetados (CEPED, 2012). Deve-se frisar que o trabalho realizado pautou-se em registros de desastres (do S2ID) com ocorrência de danos humanos, mesmo quando não caracterizada SE ou ECP.

Nesse contexto, o gestor registrou cada desastre em Formulário de Informações dos Desastres (FIDE), pré-requisito para posterior solicitação de reconhecimento federal das situações de anormalidade (SE e ECP). O FIDE contempla o preenchimento dos danos humanos (vitimados) a seguir: mortos – pessoas falecidas; feridos – pessoas feridas necessitando (ou não) de hospitalização; enfermos – pessoas que desenvolveram enfermidades; desabrigados – pessoas desalojadas que necessitam de abrigo temporário; desalojados – pessoas cujas habitações foram danificadas ou destruídas, não carecendo de abrigo temporário; desaparecidos – pessoas não localizadas ou de destino desconhecido devido ao desastre; outros – pessoas vitimadas, exceto as das situações anteriores (exemplos: pessoas sem acesso à água ou a alimentos devido ao desastre,

além de mutilados e deslocados de suas residências), e por fim, o total de afetados – somatório de todos os itens anteriores.

Além dos dados do S2ID, foram utilizados indicadores municipais construídos basicamente a partir dos dados do Censo Demográfico 2010, realizado pelo IBGE. O Censo Demográfico é um levantamento estatístico realizado no Brasil com periodicidade máxima decenal, voltado para investigar as características de toda a população e dos domicílios, que permitem avaliar as condições de vida da população em todos os municípios. A abrangência do Censo Demográfico é nacional, e permite divulgação dos resultados em vários níveis geográficos, como o próprio Brasil, grandes regiões brasileiras, unidades da federação, mesorregiões e municípios, além de outros recortes territoriais menores (IBGE, 2012).

Entre os indicadores provenientes do Censo Demográfico 2010, considerados no presente estudo, estão: a densidade demográfica, o percentual de domicílios particulares permanentes com coleta de lixo adequada, o percentual de esgotamento sanitário adequado e percentual de urbanização de vias públicas. O produto interno bruto (PIB) *per capita* foi produzido pelo IBGE em 2017.

A altura média anual de precipitação foi levantada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), empresa governamental brasileira vinculada ao Ministério de Minas e Energia, que em seu Estatuto tem por objeto, dentre outras funções, subsidiar a formulação da política mineral e geológica, participar do planejamento, da coordenação e execução dos serviços de geologia e hidrologia no Brasil (BRASIL, 1995).

No estudo, a mesorregião foi considerada como indicador demográfico, desta forma, o Estado do Rio de Janeiro foi subdividido em 6 (seis) mesorregiões geográficas (IBGE, 2017). O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais - Volume Rio de Janeiro - 1991 a 2012, também destaca a divisão geográfica do Estado do Rio de Janeiro em 6 (seis) mesorregiões (CEPED, 2013).

3.2 POPULAÇÃO DO ESTUDO

Neste trabalho foram considerados como população de estudo os 92 (noventa e dois) municípios do Estado do Rio de Janeiro, atingidos ou não por desastres do grupo hidrológico da COBRADE, no período de 2015 a 2019, tendo como base relatórios

gerenciais de danos decorrentes de desastres do referido grupo, informados por gestores municipais no S2ID.

3.3 VARIÁVEIS DO ESTUDO

O desfecho do estudo é um indicador binário (Y) que informa se o município foi atingido ou não atingido por desastres de origem hidrológica (inundação, enxurrada, alagamento) no período 2015-2019, com danos humanos associados aos desastres. Caso o município tenha sido atingido por pelo menos um destes eventos (inundação, enxurrada, alagamento) em um ou mais anos pertencentes ao período 2015-2019, o município foi classificado como atingido por desastres de origem hidrológica ($Y=1$). Caso não haja registro da ocorrência de pelo menos um destes eventos, em um ou mais anos do período considerado, o município foi classificado como não atingido por desastres de origem hidrológica ($Y=0$). Cabe mencionar que quando foi observado o registro da ocorrência de algum destes eventos no período 2015-2019, num dado município, presente no relatório gerencial do S2ID, o município foi classificado como atingido por desastre de origem hidrológica, mesmo que eventualmente não tenham sido lançados valores numéricos de danos humanos no sistema para o referido município. Este procedimento visa preservar a inclusão do município cadastrado no S2ID por seu representante, associado ao evento desastre.

Os indicadores municipais, considerados como variáveis independentes (ou explicativas) do modelo estatístico descrito adiante no item 3.5 deste trabalho, são listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios do Estado do Rio de Janeiro.

Variáveis Independentes	Categorias/ Unidades de Medida
Mesorregião	Baixadas; Centro Fluminense; Metropolitana; Noroeste Fluminense; Norte Fluminense; Sul Fluminense.

Continua

Continuação – Quadro 1.

Variáveis independentes	Categorias / Unidade de Medida
Altura média anual de precipitação	Menor do que 1.000 mm Maior ou igual a 1.000 mm Não informado
Percentual de esgotamento sanitário adequado	Expresso em porcentagem (%)
Percentual de domicílios particulares permanentes com coleta de lixo adequada	Expresso em porcentagem (%)
Percentual de urbanização de vias públicas	Expresso em porcentagem (%)
PIB <i>per capita</i>	Expresso em reais (R\$)
Densidade demográfica	Expressa em habitantes/ km ²

3.4. ANÁLISE DESCRITIVA E INFERENCIAL

Com relação à análise estatística descritiva, foram construídas tabelas de distribuição de frequências simples para o desfecho de estudo e para os indicadores qualitativos mesorregião e faixa de altura média anual de precipitação. Além disso, foram construídas tabelas de contingência para representar as distribuições dos municípios por ocorrência ou não de desastres de origem hidrológica segundo as mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro e as faixas de altura média anual de precipitação. Para os indicadores quantitativos listados no Quadro 1, foram obtidos esquemas de cinco números (mínimo, 1º quartil, mediana, 3º quartil, máximo), considerando municípios atingidos *versus* não atingidos por desastres de origem hidrológica. Adicionalmente, as distribuições dos indicadores quantitativos para os grupos de municípios atingidos e não atingidos foram representadas graficamente por meio de *box-plots*.

Com relação à análise estatística inferencial, para comparar o percentual de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica entre as mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro e entre as faixas de altura média anual de precipitação, empregou-se o teste Qui-quadrado de Pearson. Também foi adotado o teste não paramétrico de Mann-Whitney para a comparação dos indicadores quantitativos dos municípios atingidos *versus* não atingidos por desastres de origem hidrológica.

O teste de Mann-Whitney é um teste não-paramétrico adotado para comparar a distribuição de uma variável quantitativa (ou qualitativa em escala ordinal) medida em dois grupos independentes. Em geral, o referido teste é empregado quando a variável não tem distribuição normal, o que ocorre, por exemplo, quando a distribuição é assimétrica, o que pode ser avaliada por meio dos *box-plots*. As hipóteses estatísticas do teste de Mann-Whitney podem ser escritas em função das medianas dos dois grupos. Para um teste bilateral, a hipótese nula H_0 é que os dois grupos têm medianas iguais ($Md_1 = Md_2$), enquanto a hipótese alternativa H_1 é que os dois grupos têm medianas diferentes ($Md_1 \neq Md_2$), isto é:

$$\begin{cases} H_0: Md_1 = Md_2 \\ H_1: Md_1 \neq Md_2 \end{cases}$$

Para a realização do teste de Mann-Whitney, os valores de ambos os grupos são combinados obtendo um único conjunto formado por $n = n_1 + n_2$ valores, onde n_1 e n_2 são os números de valores dos grupos 1 e 2, respectivamente. Estes valores são, então, ordenados de forma crescente, sem levar em consideração o grupo do qual os valores pertencem, obtendo os *postos* utilizados no cálculo do valor observado da estatística de teste. Para cada grupo, calcula-se, então, a média dos postos dos valores levando desta vez em conta o grupo a que pertencem. Se existir diferenças entre os postos médios, então rejeita-se H_0 , e conclui-se que haverá indícios de que os grupos são diferentes, logo pode-se concluir que as medianas dos grupos são distintas. Para maiores informações sobre o teste de Mann-Whitney, recomenda-se os autores MARÔCO (2010) e SIEGEL e CASTELLAN (2006).

O teste Qui-quadrado de Pearson, por sua vez, é utilizado para dados apresentados em tabelas de contingência, quando se classifica a distribuição das unidades de análise segundo duas variáveis qualitativas. Uma tabela de contingência (tabela $g \times a^4$) pode ser representada, genericamente, como mostrado adiante no Quadro 2 .

⁴ A letra “ g ” representa o número de linhas da tabela (número de categorias da variável Y , ou ainda, o número de grupos a serem comparados), enquanto a letra “ a ” indica o número de colunas da tabela (ou seja, o número de categorias da variável X de interesse).

Quadro 2 – Distribuição das unidades segundo as a categorias da variável qualitativa $X(j = 1, 2, \dots, a)$, em cada um dos g grupos populacionais ($i = 1, 2, \dots, g$).

Variável Y (grupo)	Variável X				Total da linha
	1	2	...	a	
1	O_{11}	O_{12}	...	O_{1a}	$n_{1.}$
2	O_{21}	O_{22}	...	O_{2a}	$n_{2.}$
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮
g	O_{g1}	O_{g2}	...	O_{ga}	$n_{g.}$
Total da coluna	$O_{.1}$	$O_{.2}$...	$O_{.a}$	Total geral (n)

Onde: O_{ij} → frequência observada de unidades referente a j -ésima categoria da variável X e ao i -ésimo grupo; n_i → frequência total observada de unidades referente ao i -ésimo grupo, ou seja, tamanho do i -ésimo grupo; $O_{.j}$ → frequência total observada de unidades referente a j -ésima categoria da variável X ; n → frequência total observada de unidades, ou seja, é o tamanho global dado pela soma dos tamanhos dos g grupos: $n = n_1 + n_2 + \dots + n_g$.

Para fins de ilustração, supondo uma tabela $2 \times a$, a hipótese nula H_0 é que a distribuição da variável qualitativa X é a mesma para os dois grupos ($G_1 = G_2$), onde estes grupos são definidos por uma segunda variável denotada por Y . A hipótese alternativa H_1 é que a distribuição da variável qualitativa X difere para os dois grupos ($G_1 \neq G_2$), isto é:

$$\begin{cases} H_0: G_1 = G_2 \\ H_1: G_1 \neq G_2 \end{cases}$$

A estatística utilizada no teste Qui-quadrado compara as frequências observadas com as frequências esperadas, onde estas últimas são calculadas supondo um comportamento similar da variável X entre os dois grupos da seguinte forma:

$$E_{ij} = \frac{(\text{Total da linha } i) \cdot (\text{Total da coluna } j)}{\text{Total geral}} = \frac{(n_i) \cdot (O_{.j})}{n}$$

Se existir uma discrepância entre as frequências observadas e esperadas, então haverá indícios para se rejeitar H_0 e concluir que a distribuição da variável qualitativa X não é similar (homogênea) entre os dois grupos ($G_1 \neq G_2$). Por outro lado, caso haja

uma proximidade entre as frequências observadas e esperadas, pode-se concluir que a distribuição da variável X é a mesma para ambos os grupos. A expressão da estatística de teste pode ser consultada em MARÔCO (2010) e SIEGEL e CASTELLAN (2006).

Os testes Qui-quadrado e de Mann-Whitney foram realizados utilizando o Programa R versão 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019), considerando o nível de significância de 5% ($p\text{-valor} \leq 0,05$).

3.5. MODELO ESTATÍSTICO

O modelo de regressão log-linear de Poisson é um modelo estatístico que pertence à classe dos modelos lineares generalizados, onde a distribuição de probabilidade do desfecho Y é a distribuição de Poisson e a função de ligação é a função logarítmica (FARAWAY, 2006). Em geral, este modelo é utilizado para analisar dados de contagem em muitas áreas do conhecimento, mas também pode ser empregado para analisar desfechos binários (BARROS e HIRAKATA, 2003; COUTINHO *et al.*, 2008; ZOU, 2004).

A associação entre os indicadores municipais listados no Quadro 1 e a prevalência (ou probabilidade) do município ser atingido por desastres de origem hidrológica foi avaliada usando o modelo de regressão log-linear de Poisson com variância robusta (ZEILEIS, 2006).

No que tange à estratégia de modelagem, na primeira etapa foram ajustados modelos log-lineares de Poisson simples, e para cada modelo foram obtidas razões de prevalência (RP) brutas e seus respectivos intervalos com 95% de confiança (IC95%). Na segunda etapa, foi ajustado um modelo log-linear de Poisson multivariado considerando apenas as variáveis (indicadores) cuja associação com o desfecho na primeira etapa foi significativa ao nível de significância de 20% ($p\text{-valor} \leq 0,20$). As variáveis que apresentaram associação estatística ao nível de 5% ($p\text{-valor} \leq 0,05$) foram mantidas no modelo multivariado. Tanto na análise bruta quanto multivariada, cabe mencionar que a significância da associação entre cada uma das variáveis e o desfecho foi avaliada por meio do teste de Wald, respeitando os níveis de significância considerados em cada etapa. A estratégia de modelagem adotada no presente trabalho, com um nível de significância mais flexível (de 20%) na análise bruta, foi a mesma utilizada em outros estudos que analisaram desfechos de saúde (DELL'OSBEL *et al.*,

2019; BRUGGER *et al.*, 2019; NOVAES *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2016; SALOMÃO *et al.*, 2013).

A partir do modelo multivariado selecionado, foi obtida então, a estimativa da probabilidade de cada um dos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro ser atingido por desastres de origem hidrológica. O comportamento destas probabilidades foi analisado por meio do gráfico de linhas, em função das variáveis (indicadores) selecionadas. Além disso, foi realizada a distribuição espacial das probabilidades estimadas dos municípios serem atingidos por desastres do grupo hidrológico, inclusive por mesorregião do Estado do Rio de Janeiro. Por último, os 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro foram hierarquizados em ordem decrescente de suas probabilidades, e identificados e classificados como tendo probabilidade “baixa” ($0 \leq p < 0,25$), “média” ($0,25 \leq p < 0,50$), “alta” ($0,50 \leq p < 0,75$) ou “muito alta” ($0,75 \leq p \leq 1$) de serem atingidos por desastres de origem hidrológica.

A fim de avaliar o poder discriminatório do modelo multivariado selecionado foram calculadas as medidas de sensibilidade (S) e especificidade (E), além da área da curva ROC, cujas definições encontram-se no item 3.6 desta dissertação. O modelo de regressão log-linear de Poisson foi ajustado usando a função “glm” (*generalized linear models*) do programa gratuito R, versão 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019). Para a obtenção de estimativas robustas para os erros padrões (ou variâncias) utilizou-se o pacote *sandwich* do programa R (ZEILEIS, 2006).

3.6. AVALIAÇÃO DO PODER DISCRIMINATÓRIO DO MODELO

A avaliação do poder discriminatório do modelo selecionado pode ser realizada utilizando as medidas de sensibilidade e especificidade, bem como a área sob a curva ROC.

A partir do modelo selecionado, é possível estimar a probabilidade de ocorrência do evento de interesse (desastre do grupo hidrológico) para cada unidade de análise (município). A unidade i ($i=1, 2, \dots, N$) é classificada como tendo a característica de interesse (“sucesso”) se sua probabilidade for maior que um ponto de corte c ($p > c$). Em contrapartida, se a probabilidade de ocorrência do evento de interesse for menor ou igual ao ponto de corte c ($p \leq c$), a unidade i é classificada como não tendo a característica de interesse (“fracasso”) (MARÔCO, 2010).

O ponto de corte padrão é $c=0,5$, entretanto qualquer outro valor de ponto de corte pode ser adotado para classificar as unidades como tendo ou não tendo a característica de interesse. É preferível adotar o ponto de corte ótimo, a fim de maximizar as medidas de sensibilidade e especificidade.

O Quadro 3 ilustra a classificação das unidades de análise (municípios) segundo as categorias observadas e preditas do desfecho quando se utiliza o modelo de regressão log-linear de Poisson.

Quadro 3 – Classificação das unidades conforme as categorias observadas e as categorias preditas do desfecho usando o modelo de regressão log-linear de Poisson.

Categorias observadas (Y)	Categorias preditas (\hat{Y})		Total
	Ter a característica ("sucesso") ($\hat{Y}=1$)	Não ter a característica ("fracasso") ($\hat{Y}=0$)	
Ter a característica ("sucesso") (Y=1)	f_{11} (verdadeiros positivos)	f_{12} (falsos negativos)	$f_{11} + f_{12}$
Não ter a característica ("fracasso") (Y=0)	f_{21} (falsos positivos)	f_{22} (verdadeiros negativos)	$f_{21} + f_{22}$
Total	$f_{11} + f_{21}$	$f_{12} + f_{22}$	N = $f_{11} + f_{12} + f_{21} + f_{22}$

A partir do Quadro 3, pode-se definir as expressões de cálculo das medidas de sensibilidade (S), especificidade (E) e a área sob a curva ROC referente ao modelo selecionado.

A sensibilidade (S) é definida pela proporção de verdadeiros positivos entre todas as unidades com a característica de interesse ("sucesso"). Logo, a sensibilidade avalia a capacidade do modelo em classificar a unidade como tendo a característica de interesse quando, efetivamente, esta unidade possui a característica de interesse.

$$S = P(\hat{Y} = 1 | Y = 1) = \left(\frac{f_{11}}{f_{11} + f_{12}} \right) \cdot 100$$

A especificidade (E) é denominada proporção de verdadeiros negativos entre todas as unidades sem a característica de interesse ("fracasso"). Desta forma, a especificidade avalia a capacidade do modelo em classificar a unidade como não tendo a característica de interesse quando, efetivamente, esta unidade não possui a característica de interesse.

$$E = P(\hat{Y} = 0|Y = 0) = \left(\frac{f_{22}}{f_{21} + f_{22}} \right) \cdot 100$$

A Curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) é um gráfico que mostra o comportamento da sensibilidade e da especificidade para diferentes pontos de corte. No eixo das abscissas são representados os valores dos complementos de especificidade (taxa de falsos positivos) enquanto no eixo das ordenadas são representados os valores de sensibilidade (taxa de verdadeiros positivos). Para a obtenção da curva ROC utilizou-se o pacote pROC do programa R (ROBIN *et al.*, 2011).

O complemento da especificidade (\bar{E}) traduz a taxa de falsos positivos, indicando a capacidade do modelo em classificar incorretamente a unidade como tendo a característica de interesse, quando a unidade não possui tal característica.

$$\bar{E} = 1 - E = 1 - P(\hat{Y} = 0|Y = 0) = P(\hat{Y} = 1|Y = 0) = \left(\frac{f_{21}}{f_{21} + f_{22}} \right) \cdot 100$$

A área (A) sob a curva ROC é uma medida do poder discriminatório do modelo, isto é, indica a capacidade (ou poder) do modelo para discriminar as unidades como tendo a característica de interesse (“sucesso”) *versus* não tendo a característica de interesse (“fracasso”).

A área (A) sob a curva ROC é um número compreendido no intervalo [0,1]. Se a área do gráfico for igual a A=0,5, o modelo estatístico não consegue discriminar as unidades. Quanto mais próxima estiver a curva do canto superior esquerdo do gráfico, maior será a área sob a curva ROC ($A \geq 0,5$), sendo, assim, maior o poder discriminatório do modelo. Segundo Marôco (2010), o poder discriminatório do modelo pode ser classificado conforme o Quadro 4.

Quadro 4 – Avaliação do poder discriminatório do modelo segundo a área sob a curva ROC.

Área sob a curva ROC	Poder discriminatório do modelo
A = 0,5	Sem poder discriminatório
$0,5 \leq A < 0,7$	Discriminação fraca
$0,7 \leq A < 0,8$	Discriminação aceitável
$0,8 \leq A < 0,9$	Discriminação boa
$A \geq 0,9$	Discriminação excepcional

Fonte: Adaptado de Marôco (2010).

4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA

A Tabela 1 apresenta a distribuição do número de municípios do Estado do Rio de Janeiro atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica no quinquênio 2015-2019. Observa-se que 42,4% dos municípios do Estado do Rio de Janeiro registraram desastres de origem hidrológica (inundações, alagamentos ou enxurradas) no período de 2015 a 2019. Os demais municípios (57,6%) não foram atingidos por desastres de origem hidrológica neste período (Tabela 1).

Tabela 1: Distribuição dos municípios segundo a informação se foram atingidos ou não por desastres de origem hidrológica, no período de 2015 a 2019 – Estado do Rio de Janeiro.

Atingido por desastres de origem hidrológica	Nº de municípios	% de municípios
Não	53	57,6%
Sim	39	42,4%
Total	92	100%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Tabela 2, observou-se maior percentual de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica na região Noroeste Fluminense (69,2%) e menor percentual no Sul Fluminense (21,4%). Através do teste Qui-quadrado de Pearson, não se verificou diferença estatisticamente significante nas distribuições de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica entre as regiões (p -valor $> 0,05$). Também não foi observada diferença significativa entre as faixas de altura média anual de precipitação.

Tabela 2: Distribuição de municípios atingidos/ não atingidos por desastres de origem hidrológica para cada mesorregião e para cada faixa de altura média anual de precipitação, no período de 2015 a 2019 – Estado do Rio de Janeiro.

Variáveis	Nº de municípios (N=92)	Atingido por desastres de origem hidrológica				p-valor*
		Não		Sim		
		N=53	%	N=39	%	
Mesorregião						
Baixadas	10	5	50,0%	5	50,0%	
Centro Fluminense	16	9	56,2%	7	43,8%	
Metropolitana	30	17	56,7%	13	43,3%	
Noroeste Fluminense	13	4	30,8%	9	69,2%	0,150
Norte Fluminense	9	7	77,8%	2	22,2%	
Sul Fluminense	14	11	78,6%	3	21,4%	
Alt. média anual precipitação						
Menor do que 1000 mm**	10	6	60,0%	4	40,0%	
Maior ou igual a 1000 mm**	75	42	56,0%	33	44,0%	0,722
Não informado	7	5	71,4%	2	28,6%	

* Teste Qui-quadrado de Pearson.

**Adotando o valor mediano (1269,7 mm) como um ponto de corte alternativo, também não se obteve um resultado estatisticamente significativo (p-valor= 0,738).

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nos municípios atingidos por desastres de origem hidrológica, o percentual de esgotamento sanitário adequado variou de 13,0% a 94,2%, enquanto nos municípios não atingidos, o percentual variou de 37,3% a 98,7%. O percentual mediano de esgotamento adequado foi de 71,0% (AI=21,5%) nos municípios atingidos e de 80,2% (AI=18,6%) nos municípios não atingidos (Tabela 3).

Quanto ao percentual de domicílios com coleta de lixo adequada, observou-se mediana de 93,2% (AI=7,5%) e variação total de 69,0% a 99,4% nos municípios atingidos. Nos municípios não atingidos por desastres de origem hidrológica, observou-se mediana de 95,8% (AI=5,3%) e variação total de 64,6% a 99,8%.

No que tange ao indicador percentual de urbanização de vias públicas, constatou-se que este percentual variou de 2,0% a 69,2% nos municípios atingidos por desastres de origem hidrológica, enquanto nos municípios não atingidos a variação percentual foi de 3,2% a 91,3%. O percentual mediano de urbanização de vias públicas foi de 38,7% (AI=20,4%) nos municípios atingidos e de 39,4% (AI=30,1%) nos municípios não atingidos.

Quanto ao PIB *per capita* (R\$), observou-se uma mediana de 22.170 (AI=12.742) e uma variação total de 15.202 a 84.854 nos municípios atingidos por

desastres de origem hidrológica. Nos municípios não atingidos por desastres de origem hidrológica, observou-se uma mediana de 24.712 (AI=24.774) e uma variação total de 13.550 a 151.721.

No que se refere à densidade demográfica (hab./ Km²), identificou-se que este indicador variou de 12,7 a 13.025 nos municípios atingidos por desastres de origem hidrológica, enquanto nos municípios não atingidos a variação foi de 20,8 a 8.118. A mediana obtida para a densidade demográfica foi de 82,7 (AI=159,5) nos municípios atingidos e de 170 (AI=274,9) nos municípios não atingidos por desastres de origem hidrológica.

Tabela 3: Esquema de cinco números (mínimo, 1º quartil, mediana, 2º quartil e máximo) para os indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica – Estado do Rio de Janeiro.

Indicadores socioeconômicos	Atingido por desastres de origem hidrológica		P-valor*
	Não (N=53)	Sim (N=39)	
% Esgotamento sanitário adequado			
Min	37,3	13,0	0,031
Q1	66,3	60,1	
Md	80,2	71,0	
Q3	84,9	81,6	
Max	98,7	94,2	
% Coleta de lixo adequada			
Min	64,6	69,0	0,021
Q1	92,7	88,3	
Md	95,8	93,2	
Q3	98,0	95,8	
Max	99,8	99,4	
% Urbanização de vias públicas			
Min	3,2	2,0	0,222
Q1	28,7	26,6	
Md	39,4	38,7	
Q3	58,8	47,0	
Max	91,3	69,2	
PIB per capita (R\$)			
Min	13.550	15.202	0,398
Q1	18.550	18.378	
Md	24.712	22.170	
Q3	43.324	31.120	
Max	151.721	84.854	

Continua

Tabela 3. Continuação.

Indicadores socioeconômicos	Atingido por desastres de origem hidrológica		p-valor*
	Não (N=53)	Sim (N=39)	
<i>Densidade Demográfica (hab./km²)</i>			
Min	20,8	12,7	
Q1	52,1	51,5	
Md	170	82,7	0,148
Q3	327	211	
Max	8.118	13.025	

* Teste de Mann Whitney.

Min = mínimo, Q1= 1º quartil, Md = mediana, Q3 = 3º quartil, Max = máximo, Q3 – Q1 é a amplitude interquartílica (AI).

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os municípios atingidos por desastres de origem hidrológica apresentaram percentuais de esgotamento sanitário significativamente menores do que os municípios não atingidos ($p\text{-valor} < 0,05$) (Tabela 3). Entre os municípios atingidos, São Francisco de Itabapoana foi o que apresentou um percentual de esgotamento sanitário adequado extremamente baixo. Além disso, entre os municípios não atingidos, São João da Barra foi o município que teve um percentual discrepante de esgotamento adequado, bem inferior aos demais (Figura 1).

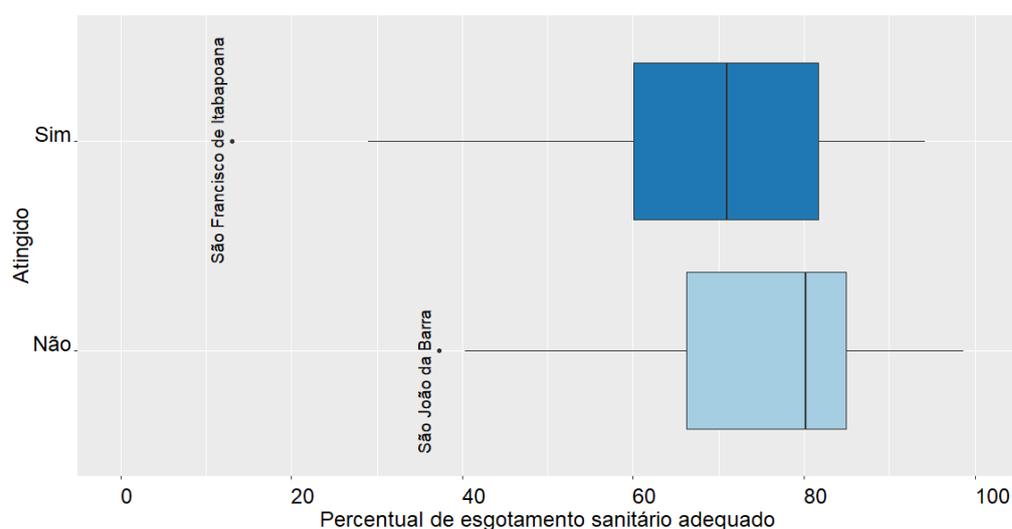


Figura 1: *Box-Plot* das distribuições dos percentuais de esgotamento sanitário adequado nos municípios fluminenses atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica.

Também se observou que os municípios atingidos por desastres de origem hidrológica apresentaram percentuais de domicílios com coleta de lixo significativamente menores do que os municípios não atingidos ($p\text{-valor} < 0,05$) (Tabela 3). Os municípios Trajano de Moraes, Varre-Sai e Cambuci foram os municípios atingidos que apresentaram percentuais extremamente baixos de domicílios com coleta de lixo adequada. Já entre os municípios não atingidos, São Sebastião do Alto, Cardoso Moreira, Laje do Muriaé, São Fidelis e Italva foram os que obtiveram percentuais extremamente baixos de domicílios com coleta de lixo adequada (Figura 2).

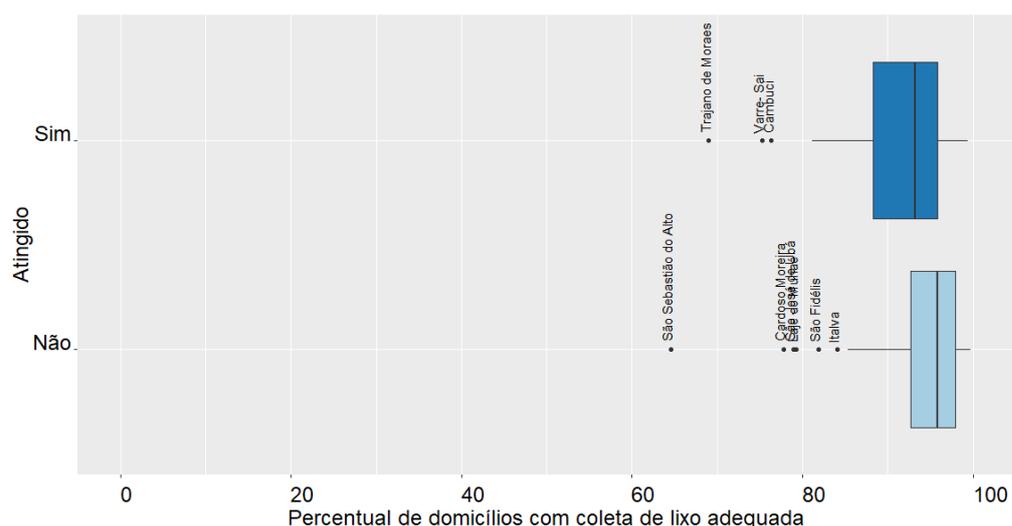


Figura 2: *Box-Plot* das distribuições dos percentuais de domicílios com coleta de lixo adequada nos municípios fluminenses atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica.

O percentual mediano de urbanização de vias públicas de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica é ligeiramente menor do que o observado nos municípios não atingidos (Figura 3). Segundo o teste de Mann-Whitney, não há uma diferença estatisticamente significativa nos valores deste indicador entre os grupos de municípios atingidos e não atingidos ($p\text{-valor} > 0,05$) (Tabela 3). Adicionalmente, pode-se observar que os municípios atingidos são mais homogêneos quanto ao percentual de urbanização de vias públicas, comparativamente aos municípios não atingidos (Figura 3).

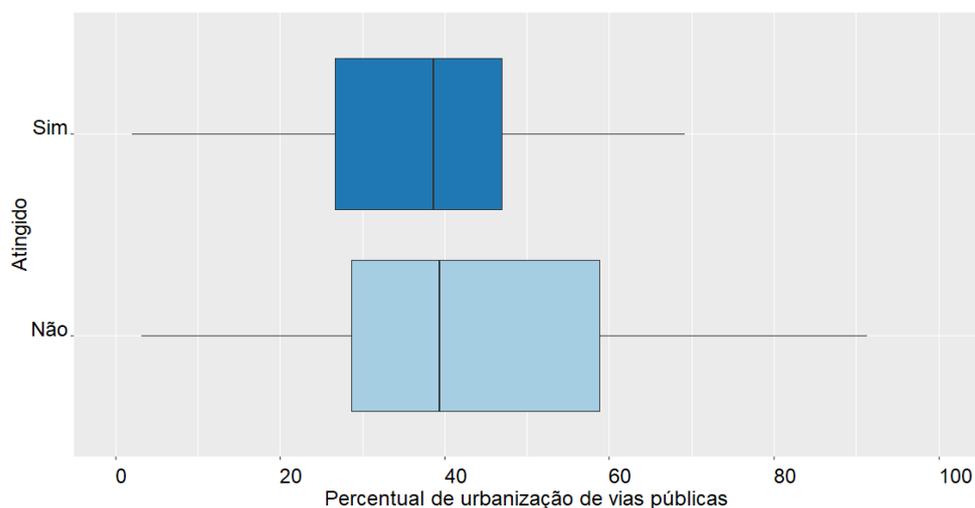


Figura 3: *Box-Plot* das distribuições dos percentuais de urbanização de vias públicas nos municípios fluminenses atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica.

Na Figura 4, os municípios atingidos por desastres de origem hidrológica tendem a apresentar menores valores de PIB *per capita* do que os municípios não atingidos. Observou-se ainda uma menor variabilidade nos valores de PIB *per capita* no grupo de municípios atingidos. Entre os municípios atingidos, Maricá e Mangaratiba foram os que apresentaram valores de PIB *per capita* excessivamente altos. Quanto aos não atingidos, São João da Barra, Itaitiaia e Porto Real foram os municípios que obtiveram valores discrepantes de PIB *per capita*.

O teste de Mann-Whitney não mostrou diferença estatisticamente significativa entre os valores de PIB *per capita* de municípios atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica (Tabela 3).

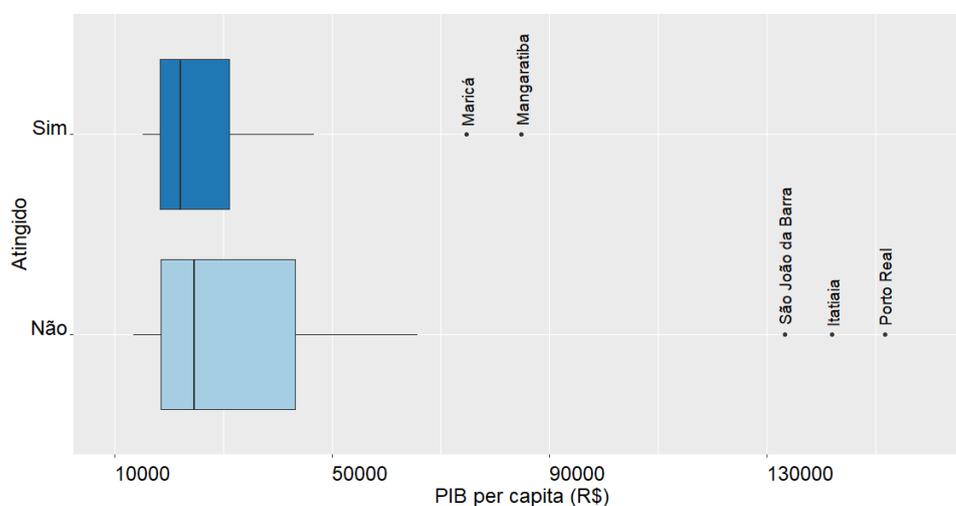


Figura 4: *Box-Plot* das distribuições dos valores do PIB *per capita* (R\$) dos municípios fluminenses atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica.

Na Figura 5, observa-se que os municípios atingidos por desastres de origem hidrológica tendem a apresentar menores valores de densidade demográfica e com menor variabilidade, comparativamente aos municípios não atingidos. Em ambos os grupos, observou-se municípios com valores de densidade demográfica excessivamente elevados (*outliers*). No grupo de municípios atingidos, destaca-se Nova Iguaçu, Duque de Caxias e São João de Meriti. No grupo dos não atingidos, nove municípios apresentaram valores discrepantes de densidade demográfica: Japeri, Volta Redonda, Queimados, Niterói, São Gonçalo, Mesquita, Rio de Janeiro, Belford Roxo e Nilópolis.

O teste de Mann-Whitney também não mostrou diferença estatisticamente significativa entre as densidades demográficas de municípios atingidos *versus* não atingidos (Tabela 3).

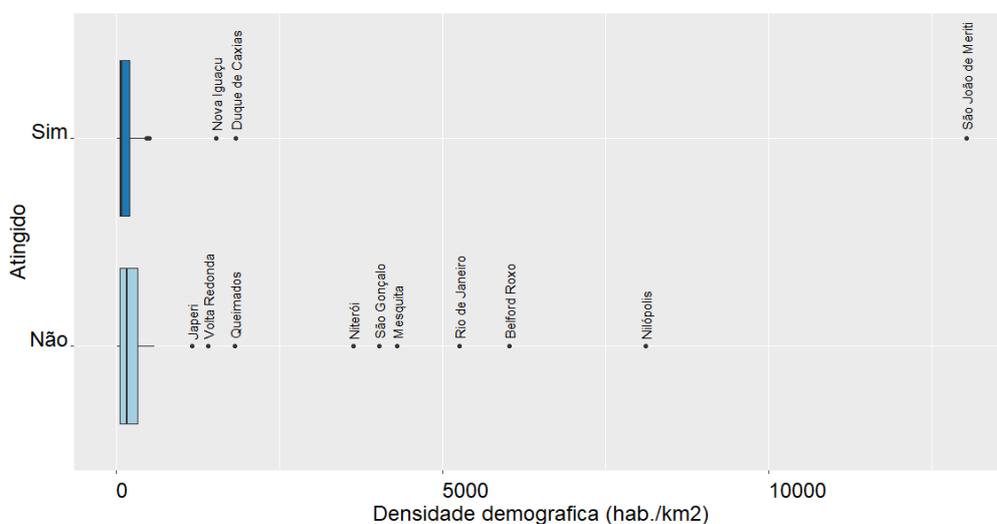


Figura 5: *Box-Plot* das distribuições das densidades demográficas (hab./km²) dos municípios fluminenses atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica.

4.2 MODELAGEM ESTATÍSTICA

A Tabela 4 apresenta os resultados do ajuste do modelo de regressão log-linear de Poisson que associa indicadores municipais demográficos, socioeconômicos e ambientais e a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica, no período de 2015 a 2019.

Tabela 4: Associação entre indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais e a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica, no período de 2015 a 2019.

Indicadores socioeconômicos e ambientais	Modelos simples (Análise bruta)			Modelo multivariado selecionado		
	RP	IC95%	P-valor*	RP	IC95%	P-valor*
Mesorregião			0,145			0,039
Baixadas	2,333	(0,718-7,587)	0,159	2,129	(0,710-6,385)	0,177
Centro Fluminense	2,042	(0,649-6,426)	0,222	1,364	(0,411-4,528)	0,612
Metropolitana	2,022	(0,684-5,975)	0,203	1,743	(0,624-4,872)	0,289
Noroeste Fluminense	3,231	(1,112-9,386)	0,031	2,871	(1,045-7,889)	0,041
Norte Fluminense	1,037	(0,213-5,041)	0,964	0,628	(0,144-2,749)	0,537
Sul Fluminense	1	-	-	1	-	-
Altura média anual de precipitação			0,766			
Não informado	0,714	(0,177-2,884)	0,637			
Maior ou igual a 1000 mm**	1,100	(0,494-2,450)	0,816			
Menor do que 1000 mm**	1	-	-			
% Esgotamento sanitário adequado	0,985	(0,975-0,996)	0,005	0,979	(0,965-0,994)	0,005
% Coleta de lixo adequada	0,976	(0,949-1,003)	0,083			
% Urbanização de vias públicas	0,991	(0,979-1,003)	0,146			
PIB per capita (R\$)	0,999	(0,999-1,000)	0,110			
Densidade Demográfica (hab./km²)	0,999	(0,999-1,000)	0,658			

*Teste de Wald

**Adotando o valor mediano (1269,7 mm) como ponto de corte alternativo, a associação bruta também não foi estatisticamente significativa ao nível de 20%, isto é, o p-valor do teste de Wald geral foi de 0,782.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na análise bruta, observou-se que a mesorregião, o percentual de esgotamento sanitário adequado, o percentual de domicílios com coleta de lixo adequada, o percentual de urbanização de vias públicas e o PIB *per capita* estão estatisticamente associados com a prevalência dos municípios atingidos por desastres de origem hidrológica no quinquênio 2015-2019, considerando o nível de significância de 20% ($p\text{-valor} \leq 0,20$). Entretanto, no modelo multivariado apenas a mesorregião e o percentual de esgotamento adequado permaneceram associadas com a referida prevalência ao nível de significância de 5% ($p\text{-valor} \leq 0,05$) (Tabela 4).

A prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica no quinquênio 2015-2019 foi 2,87 vezes maior na região Noroeste Fluminense em comparação à região Sul Fluminense (RP=2,871; $p\text{-valor}=0,041$).

Além disso, observou-se que a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica reduz em 2,1% ao aumentar em uma unidade o percentual de esgotamento sanitário adequado (RP=0,979; p-valor=0,005) (Tabela 4).

A área sob a curva ROC apresentada na Figura 6 foi de 0,714, ou seja, superior a 0,70 indicando que o modelo multivariado selecionado apresenta um poder discriminatório aceitável. Considerando o ponto de corte ótimo de 0,349, as medidas de sensibilidade (S) e especificidade (E) foram iguais a 79,5% e 54,7%, respectivamente (Figura 6).

Com base na medida de sensibilidade, verifica-se que 79,5% dos municípios que declararam ter sido atingidos por desastres do grupo hidrológico foram classificados corretamente pelo modelo, e por sua vez, a partir da especificidade, observa-se que 54,7% dos municípios que declararam não ter sido atingidos por desastres do grupo hidrológico, foram classificados de modo correto. Desta forma, considerando que as medidas de sensibilidade e especificidade (S=79,5% e E=54,7%) encontram-se compreendidas no intervalo de 50% a 80%, pode-se depreender que o modelo multivariado selecionado (resultados apresentados na Tabela 4) apresenta razoável capacidade preditiva.

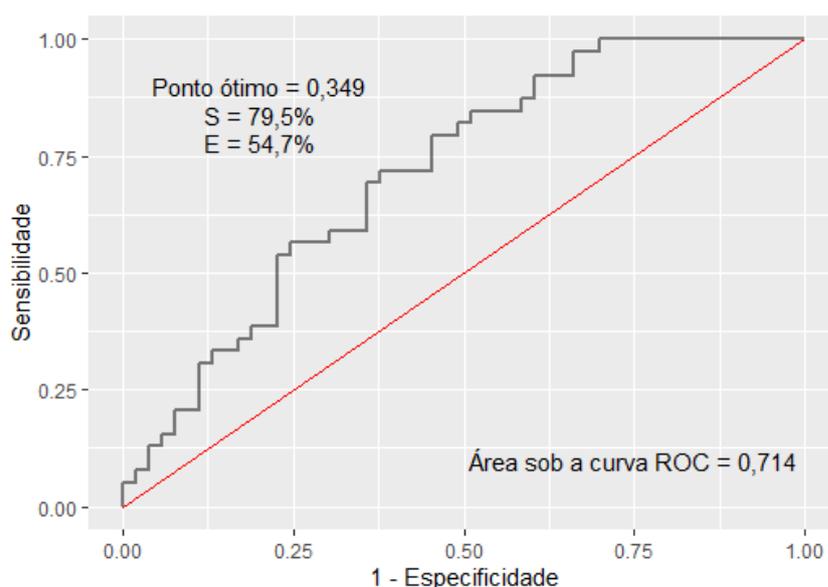


Figura 6: Gráfico da curva ROC referente ao modelo multivariado selecionado que considera o percentual de esgotamento sanitário adequado e as mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro.

A Figura 7 mostra a relação entre o percentual de esgotamento sanitário adequado e a probabilidade estimada do município ser atingido por desastres de origem hidrológica, considerando as seis mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro.

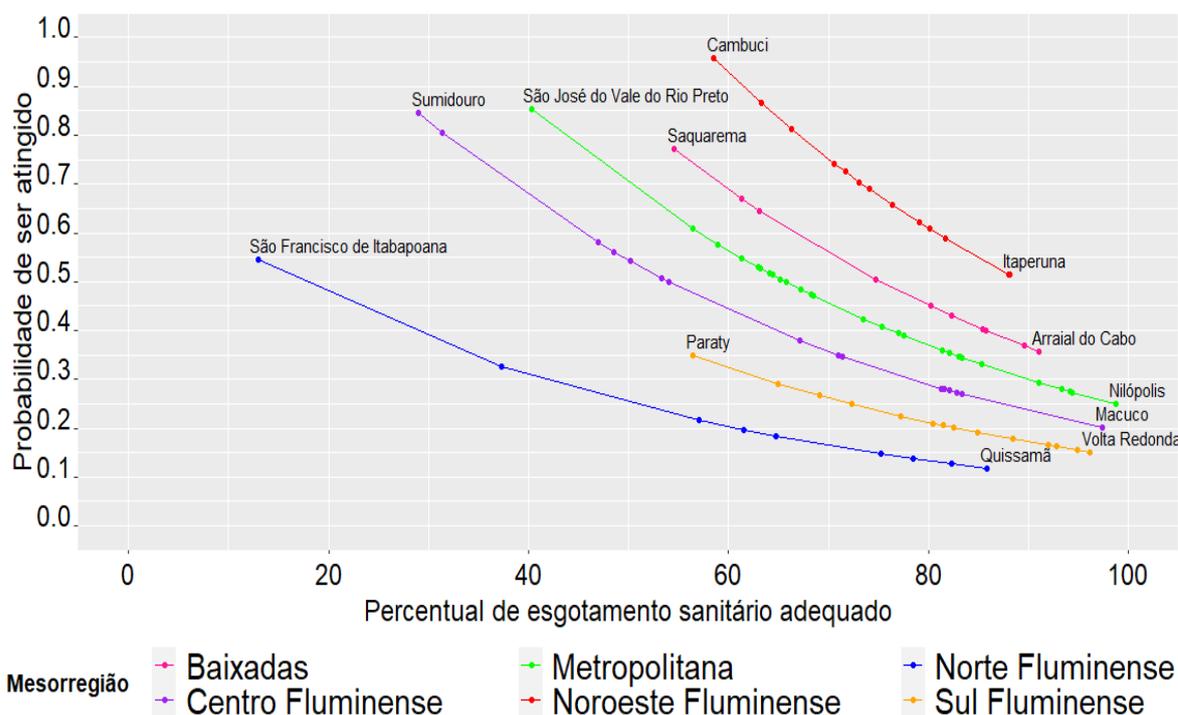


Figura 7: Relação entre o percentual de esgotamento sanitário adequado e a probabilidade estimada do município ser atingido por desastres de origem hidrológica, segundo as mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro.

Pode-se observar na Figura 7, para todas as seis mesorregiões, que à medida que aumenta o percentual da população com esgotamento sanitário adequado, menor é a probabilidade do município ser atingido por desastres de origem hidrológica. Na mesorregião Norte Fluminense, o município de São Francisco de Itabapoana é o que apresenta menor percentual de esgotamento sanitário adequado e maior probabilidade (0,546) de ser atingido pelos eventos. No outro extremo do gráfico, na mesma mesorregião Norte Fluminense, figura o município de Quissamã, porém com maior percentual de esgotamento sanitário adequado e menor probabilidade (0,118) de ser alvo de desastres do citado grupo hidrológico.

Desse modo, os municípios com as menores probabilidades de serem atingidos pelos referidos desastres, por mesorregião, são: Quissamã – Norte Fluminense (0,118),

Volta Redonda - Sul Fluminense (0,151), Macuco – Centro Fluminense (0,201), Nilópolis – Metropolitana (0,249), Arraial do Cabo – Baixadas (0,358) e Itaperuna – Noroeste Fluminense (0,514). Em outra extremidade do gráfico, verifica-se os seguintes municípios, dentro de cada mesorregião, com maiores probabilidades de serem atingidos por eventos do grupo hidrológico: Paraty – Sul Fluminense (0,349), São Francisco de Itabapoana – Norte Fluminense (0,546), Saquarema (0,771) - Baixadas, Sumidouro – Centro Fluminense (0,847), São José do Vale do Rio Preto - Metropolitana (0,853) e Cambuci, no Noroeste Fluminense (0,958) (Figura 7).

A Figura 8 mostra a distribuição espacial das probabilidades dos municípios fluminenses serem atingidos por desastres do grupo hidrológico. Do total de 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro, 7,6% (N=7) apresentaram probabilidades “muito altas” (superiores ou iguais a 0,75) de serem atingidos por desastres de origem hidrológica e 29,3% (N=27) apresentaram probabilidades “altas” (de 0,50 a 0,75, exclusive) de serem atingidos. Os demais municípios apresentaram probabilidades “baixas” (21,7%; N=20) ou “médias” (41,3%; N= 38) de serem atingidos por estes desastres, isto é, probabilidades inferiores a 0,25 ou probabilidades de 0,25 a 0,50 (exclusive), respectivamente.

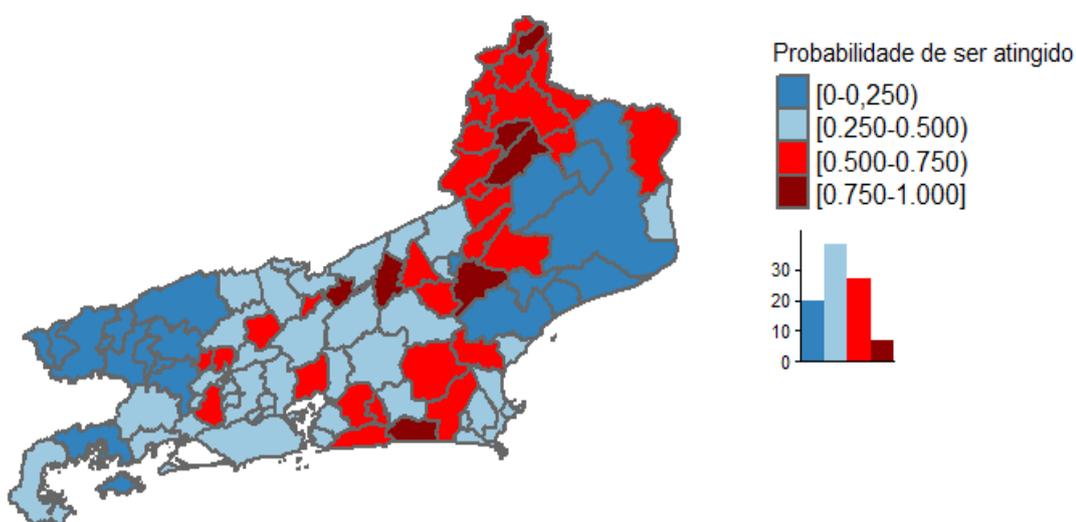


Figura 8: Distribuição espacial dos municípios fluminenses segundo as faixas de probabilidades de serem atingidos por desastres de origem hidrológica.

A Figura 9 apresenta a distribuição espacial das probabilidades estimadas dos municípios serem atingidos por desastres do grupo hidrológico, estratificada por mesorregião do Estado do Rio de Janeiro.

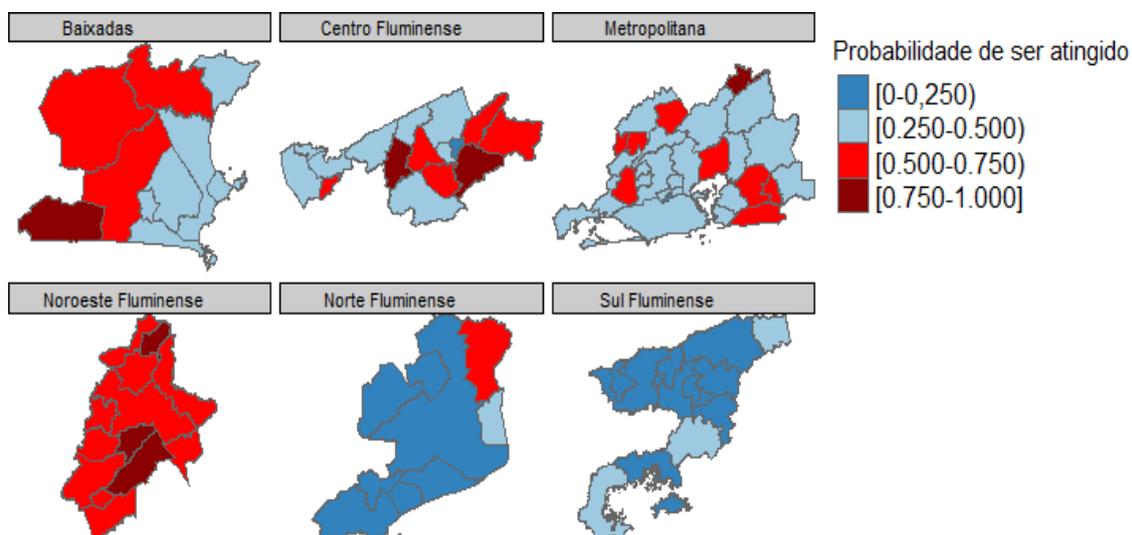


Figura 9: Distribuição espacial dos municípios segundo as faixas de probabilidades de serem atingidos por desastres de origem hidrológica, para cada uma das seis mesorregiões no Estado do Rio de Janeiro.

Da Figura 9, observa-se a existência de um ou mais municípios com probabilidade “alta” ou “muito alta” de serem atingidos por desastres do grupo hidrológico, em todas as mesorregiões do estado do Rio de Janeiro, com exceção da mesorregião Sul Fluminense. Entretanto, o Noroeste Fluminense se destaca das demais mesorregiões, por conter municípios com elevada probabilidade de serem atingidos por desastres do referido grupo. Dos 13 (treze) municípios localizados no Noroeste Fluminense, 76,9% deles apresentam probabilidade “alta” de serem atingidos por desastres do grupo hidrológico, enquanto que para 23,1% dos municípios esta probabilidade é “muito alta”.

Na mesorregião Sul Fluminense, observa-se apenas municípios com probabilidade “baixa” ou “média” de serem atingidos por desastres do grupo hidrológico. No Sul Fluminense (N=14), 78,6% dos municípios têm probabilidade “baixa” e 21,4% têm probabilidade “média” de serem atingidos por desastres deste grupo.

5 DISCUSSÃO

Este trabalho teve como foco a análise da associação entre indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais e a ocorrência de desastres de origem hidrológica (inundações, enxurradas e alagamentos) nos municípios do Estado do Rio de Janeiro, de modo a subsidiar a tomada de decisões, pelos gestores públicos, que minimizem impactos e prejuízos decorrentes de desastres desta natureza.

A mesorregião de localização do município e o percentual de esgotamento sanitário adequado apresentaram associação com a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica no Estado do Rio de Janeiro, no período de 2015 a 2019.

Foi observado, do período de 2015-2019, que a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica foi quase três vezes maior na mesorregião Noroeste Fluminense em comparação à mesorregião Sul Fluminense. A mesorregião Noroeste Fluminense, formada por 13 municípios, faz fronteira com os estados do Espírito Santo e Minas Gerais e com as mesorregiões Centro Fluminense e Norte Fluminense, e concentra os maiores índices de pobreza do Estado (CEPED, 2013). No período de 1991 a 2012, foi a mesorregião do Estado mais afetada por inundações, com 33% das ocorrências de desastres dessa natureza. Quanto ao registro de enxurradas, no mesmo período, vigorou em segundo lugar dentre as mais atingidas no Estado do Rio de Janeiro, com expressivos 20% do total de registros (CEPED, 2013).

Municípios com os menores percentuais de população residindo em domicílios com esgotamento sanitário adequado obtiveram maiores probabilidades de serem atingidos por desastres de origem hidrológica. Este resultado pode ser explicado considerando-se que a destinação do efluente esgoto à rede de coleta e transporte de águas pluviais, ocasiona sobrecarga a todo o sistema de drenagem (TUCCI, 2012). Desta forma, resta claro a direta correlação entre a inadequada destinação do esgotamento sanitário e o inapropriado funcionamento do sistema de drenagem dos municípios, aumentando aspectos de vulnerabilidade quando da ocorrência de elevadas precipitações. Azevedo *et al.*(2020) destacam ainda, que a não separação entre a rede de drenagem urbana e a rede de esgotamento sanitário, juntamente com a expansão urbana sem planejamento e o adensamento populacional, contribuem para a ocorrência de desastres de origem hidrológica.

Azevedo *et al.*(2020) pontuam, oportunamente, que para a efetiva redução do risco relacionado a desastres, as relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente devem assumir inicial e relevante etapa no desenvolvimento de um modelo de planejamento sanitário. Assim, na identificação e análise dos efeitos da implementação de sistemas de saneamento básico devem ser consideradas as particularidades de cada localidade e população a ser beneficiada.

Segundo Tucci (2012), os principais problemas relacionados ao uso do solo que resultam em impactos diretos sobre os recursos hídricos são: expansão irregular sobre as áreas de mananciais e áreas de inundações ribeirinhas; aumento da densidade habitacional, com conseqüente aumento da demanda de água e da carga de poluentes sem tratamento de esgoto, potencialmente lançados em rios; a excessiva impermeabilização das áreas públicas; a canalização dos rios urbanos, posteriormente cobertos por pavimentos, produzindo inundações e transferindo os problemas a jusante; o limitado serviço de esgotamento sanitário e a deposição de resíduos sólidos transformando rios em áreas degradadas. A ineficiência do sistema de coleta e limpeza dos resíduos sólidos ocasiona a obstrução de condutos, canais e riachos urbanos, e o aumento da velocidade do escoamento, resulta em erosão do solo e carreamento de sedimentos para o sistema de drenagem, potencializando danos (TUCCI, 2012).

No presente estudo, sete municípios apresentaram probabilidade “muito alta” de serem atingidos por eventos de origem hidrológica, considerando-se a mesorregião e o percentual de esgotamento sanitário adequado. Estes municípios são, em ordem decrescente de magnitude: Cambuci e Varre-Sai (Mesorregião Noroeste Fluminense), São José do Vale do Rio Preto (Mesorregião Metropolitana), Sumidouro (Mesorregião do Centro), São José de Ubá (Noroeste Fluminense), Trajano de Moraes (Centro) e Saquarema (Baixadas). Desta forma, entende-se como prioritário o atendimento a estas municipalidades, de modo a atenuar suas vulnerabilidades socioambientais a estes desastres, naturalmente não desconsiderando a atenção necessária aos demais municípios do Estado que obtiveram probabilidades “altas”, “médias” ou “baixas” de serem atingidos por desastres do grupo hidrológico.

Este trabalho possuiu como potencialidade a utilização de um critério objetivo, que permitiu a hierarquização dos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro, conforme suas probabilidades estimadas de serem atingidos por desastres de origem hidrológica, visando subsidiar a formulação e a implementação de políticas públicas voltadas à prevenção de desastres dessa origem, de modo a priorizar a alocação de recursos

governamentais aos municípios com maiores probabilidades de serem atingidos por desastres desta natureza, contribuindo, desta forma, para a redução dos riscos e desastres.

Foi identificada como limitação ao estudo a defasagem temporal dos dados disponibilizados pelos órgãos governamentais para o cálculo dos indicadores municipais de interesse. Optou-se então, por utilizar os dados mais recentes apurados por estas instituições em nível municipal, predominantemente os dados do último Censo Demográfico do IBGE. Soma-se a esta questão, eventual não inserção de dados no S2ID pelos representantes das municipalidades, subdimensionando o real quadro dos desastres efetivamente ocorridos nos municípios no período 2015-2019.

Além disso, cabe mencionar a falta de informações da intensidade de chuvas para a totalidade de municípios do Estado do Rio de Janeiro, ou seja, não foram disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil da empresa CPRM dados sobre a precipitação média anual para sete municípios fluminenses (*missings*), assim, estes foram incluídos nas análises estatísticas realizadas como “municípios sem declaração”, mas apenas para o referido indicador.

6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deste estudo, pode-se concluir que a maior prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica na mesorregião Noroeste Fluminense e em municípios com menores percentuais de população residindo em domicílios com esgotamento sanitário adequado guarda correlação com deficiências estruturais e estruturantes de regiões do Estado menos desenvolvidas economicamente.

No campo da gestão estratégica, são fundamentais o estudo preliminar, a análise e a percepção dos riscos potenciais desses desastres de origem hidrológica, de modo a identificar e avaliar ameaças e riscos imediatos às regiões geográficas delimitadas. Este processo de mapeamento e identificação da ameaça e suas consequências envolve a caracterização do risco: natureza, intensidade/ magnitude, danos, atingidos, avaliação da exposição ao longo do tempo, estimativa/ probabilidade de ocorrência e a definição de alternativas de gestão de modo a reduzir vulnerabilidades e o próprio risco.

Nesse sentido, a necessidade de capacitação de pessoal qualificado, a constante atenção aos indicadores, o monitoramento e vigilância conjuntural permanente dos riscos, o emprego de sistemas de alarme e alerta, o estímulo ao ordenamento da ocupação do solo, o adequado dimensionamento de recursos materiais e humanos, a adoção de um sólido Plano Diretor de Defesa Civil e de específicos Planos de Contingência em desastres devem ser prioritários a uma eficiente gestão municipal, além da conscientização da população acerca de seu papel preponderante neste processo, mormente em ações de prevenção a desastres.

Deve-se destacar a resiliência como característica basilar ao enfrentamento dos desastres, a se administrar com racionalidade e sapiência as situações adversas de modo que as decisões nas ocasiões de crise sejam efetivamente apropriadas a cada cenário. A mencionada PNPDEC, inclusive, expressa como um de seus objetivos o estímulo ao desenvolvimento de cidades resilientes, além dos processos sustentáveis de urbanização.

As ações de prevenção, mediante planejamento urbano e gerenciamento de riscos de desastres contribuem para a redução da vulnerabilidade socioambiental. Esta se refere ao grau de perdas e danos associados aos elementos expostos, além de refletir o grau de insegurança diante de um cenário de desastre. Desta forma, a análise das probabilidades de ocorrência dos eventos de origem hidrológica em cada mesorregião, por município do Estado, com foco em ações preventivas de futuras ocorrências de

desastres tem por finalidade qualificar e dar transparência à gestão de riscos de desastres pela disponibilização de relevantes informações gerenciais.

Do estudo efetuado, conclui-se, também, ser fundamental a implementação de um plano de desenvolvimento estratégico de longo prazo visando definir prioridades de desenvolvimento das cidades. É imperioso o cumprimento da Lei Orgânica, dos Planos Diretores, da Lei de Uso e Ocupação do Solo e do Zoneamento Ambiental dos Municípios. Destaca-se, também, a necessidade de atendimento ao Estatuto da Cidade, que estabelece diretrizes gerais da política urbana. Uma política de oferta de novas oportunidades habitacionais, mediante subsídios, constituiria medida atenuadora do processo informal de urbanização, reduzindo cenários de risco e vulnerabilidade urbana.

O planejamento urbano define os espaços e a densidade de ocupação, que refletem na demanda de água, na produção de esgoto, na geração de resíduos sólidos e na impermeabilização do solo, fatores que afetam a gestão da drenagem urbana. Nesse contexto, deve ser priorizada a adoção de efetiva Política de Saneamento mediante Planos Municipais de Saneamento Básico e gestão integrada dos serviços nos eixos de abastecimento d'água, esgotamento sanitário, drenagem e resíduos sólidos, em virtude da necessidade de administrar as interferências entre esses sistemas, incorporando economicidade e eficiência à gestão.

Assume destaque a consideração de que os desastres de origem hidrológica recebem influência de ampla gama de fatores, tais como: relevo, precipitação, ocupação e uso do solo, além da ação antrópica. Desta forma, a tamanha transversalidade dos elementos envolvidos colabora para a impossibilidade de se identificar objetiva relação causal entre as variáveis do estudo e o desfecho da ocorrência de desastres.

Neste contexto, com base nos resultados obtidos, entende-se que as ações preventivas de planejamento e gestão do espaço territorial dos municípios, através do levantamento de suscetibilidades aos desastres de origem hidrológica devem receber especial atenção dos governantes, mediante avaliação, estimativa e dimensionamento de recursos públicos materiais e humanos, mormente às ações de Defesa Civil.

Cumpra-se destacar que para o êxito destas medidas, deve haver amplo entendimento de que a proteção a desastres constitui direito fundamental do ser, à medida que guarda direta correlação com o Princípio da Dignidade da Pessoa Humana, fundamento preconizado no artigo 1º, III, da Constituição Brasileira de 1988.

Por fim, no que se refere a direcionamentos futuros desta pesquisa, tendo como base os resultados obtidos, recomenda-se a continuidade, expansão e aprofundamento dos estudos dos desastres de origem natural, porém associados aos grupos dos desastres de origem geológica, meteorológica, climatológica e/ou biológica, mediante a consideração de novos indicadores, especialmente os provenientes de instituições governamentais. Sugere-se, também, a atenção a novas áreas geográficas, de modo a se abranger, gradualmente, em futuros estudos, maior gama de localidades atingidas por desastres, vindo a agregar mapeamentos de áreas de riscos, apontando perfis de recorrências desses eventos e contribuindo, assim, para ações preventivas e de redução de vulnerabilidades, riscos e desastres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, Deborah Chein Bueno; TOLEDO, Graziella Araújo; COHEN, Simone Cynamon; KLIGERMAN, Débora Cynamon; CARDOSO, Telma Abdalla Oliveira. Desastre de Brumadinho: contribuições para políticas públicas e gestão do saneamento em períodos emergenciais. *Saúde Debate*. Rio de Janeiro. v. 44, n. 124, p. 221- 233, Jan - mar, 2020.

BAENINGER, Rosana. *População e Cidades: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais*. Campinas-SP: Núcleo de Estudos de População - Nepo/ Unicamp; Brasília: UNFPA, 2010.

BARROS AJ, HIRAKATA VN. Alternatives for logistic regression in cross-sectional studies: an empirical comparison of models that directly estimate the prevalence ratio. *BMC Med Res Methodol*. Outubro, 2003. 3:21.

BRASIL. CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 03 dez. 2019.

_____. DECRETO nº 1.524, de 20 de junho de 1995. Estatuto Social – CPRM. Disponível em: < http://www.cprm.gov.br/publique/media/sobre/estatuto_social.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2020.

_____. DECRETO nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Dispõe sobre as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e dá outras Providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm>. Acesso em: 04 fev. 2020.

_____. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 36, DE 04 DE DEZEMBRO DE 2020. – MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-36-de-4-de-dezembro-de-2020-292423788> >

>. Acesso em: 17 dez. 2020.

_____. LEI nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto das Cidades. Estabelece Diretrizes Gerais da Política Urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 02 dez. 2019.

_____. LEI nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 02 dez. 2019.

_____. LEI nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 14 mai. 2020.

_____. LEI nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em: 02 dez. 2019.

BRUGGER, Daiane de Oliveira; OLIVEIRA, Renata Maria Souza; CÂNDIDO, Ana Paula Carlos; ROCHA, Daniela da Silva; CORRÊA, José Otávio do Amaral; NETTO, Michele Pereira. Fatores Associados ao consumo alimentar de marcadores saudáveis e não saudáveis em crianças menores de cinco anos. *Revista Médica de Minas Gerais*. 29: e - 2034, 2019.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. *Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres*, 1998, 5ª Edição. Disponível em: <<http://www.ceped.pr.gov.br/arquivos/File/Publicacoes/Glossario.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. *Guia para Integração dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável dos Municípios Brasileiros*. Gestão 2017-

2020. Disponível em: < <https://www.cnm.org.br/biblioteca/exibe/2855>>. Acesso em: 08 jun. 2020.

COUTINHO, Letícia M. S.; SCAZUFCA, Marcia; MENEZES, Paulo R. Métodos para Estimar Razão de Prevalência em Estudos de Corte Transversal. *Revista Saúde Pública* (online). v.42, n.6, 2008, p.992–998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v42n6/7118.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2020.

DALBERTO, Cassiano Ricardo; STADUTO, Jefferson Andronio Ramundo. Uma análise das economias de aglomeração e seus efeitos sobre os salários industriais brasileiros. *Revista de Economia Contemporânea - REC/UFRJ*. Vol. 17. No. 3. Rio de Janeiro sept./dec. 2013. Disponível em: < https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-98482013000300007>. Acesso em: 07 jun. 2020.

DELL’OSBEL, Rafaela Santi; GREGOLETTO, Maria Luisa de Oliveira; CREMONESE, Cleber. Sintomas depressivos em gestantes da atenção básica: prevalência e fatores associados. *Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde. ABCS Health Sci.*, 44(3):187-194, 2019.

FARAWAY, JULIAN J. *Extending the Linear Model With R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models*. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, 2006.

FREITAS, Carlos Machado de; CARVALHO, Mauren Lopes de, XIMENES, Elisa Francioli; ARRAES, Eduardo Fonseca; GOMES, José Orlando. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência – lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2012; 17 (6):1577-1586.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Aglomerados Subnormais. *Informações Territoriais*. Disponível em: < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/552/cd_2010_agrn_if.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2020.

_____. Características Urbanísticas do Entorno dos Domicílios. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/96/cd_2010_entorno_domicilios.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2020.

_____. Cidades. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>>. Acesso em: 09 dez. 2019.

_____. Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas. IBGE, 1990. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/DRB/Divisao%20regional_v01.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2020.

_____. Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas. IBGE, 2017. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/porta1.php#mapa222455>>. Acesso em: 09 mai. 2020.

_____. Indicadores Sociais: Passado, presente e futuro. IBGE - Gerência de Biblioteca e Acervos Especiais. Rio de Janeiro, 2017.

_____. Pesquisa Sobre Padrões de Vida - 1996 / 1997. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv6642.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

_____. Produto Interno Bruto – PIB. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em: 28 jan. 2020.

_____. Produto Interno Bruto dos Municípios. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv97483.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2020.

_____. Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101684.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2019.

JANNUZZI, Paulo de Martino. Avaliação de Programas Sociais: conceitos e referenciais de quem a realiza. Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 25, n. 58, p. 22-42, maio/ago, 2014.

_____. Paulo de Martino. Indicadores Sociais no Brasil. Conceitos, Fonte de Dados e Aplicações. Ed. Alínea. 3ª Edição. Campinas/ SP, 2004.

_____. Indicadores socioeconômicos na gestão pública. Especialização em Gestão Pública. Módulo Básico. UFSC. 3ª Edição. Florianópolis, 2014.

_____. Paulo de Martino; SILVA, Daniela Santos Gomes. O uso da Análise Multicritério na construção de um indicador de Condições de Vida: Estudo para a Baixada Fluminense, 2009. Disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/viewFile/V4N2A3/V4N2A3>>. Acesso em: 12 mai. 2020.

MARÔCO, J. Análise Estatística com o PASW Statistics – Report Number, 2010.

MARTINS, Tatiana Carvalho Reis; CHAGAS, Rosangela Barbosa; ANDRADE, Jailza de Fátima Ribeiro; MENDES, Danilo Cangussu; SOUZA, Luís Paulo Souza; DIAS, Orlene Veloso; COSTA, Simone Melo; CALDEIRA, Antônio Prates. Excesso de peso e fatores associados: um estudo de base. Revista Eletrônica trimestral de Enfermeria. Nº 44, outubro-2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. Boletim Epidemiológico nº 10. Desastres naturais e saúde: análise do cenário de eventos hidrológicos no Brasil e seus potenciais impactos sobre o Sistema Único de Saúde. Vol. 49. Mar. 2018.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - MDR. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). Disponível em: <<http://www.mdr.gov.br/protecao-e-defesa-civil/sistema-integrado-de-informacoes-sobre-desastres-s2id>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

NOVAES, Taiane Gonçalves; GOMES, Andressa Tavares; SILVEIRA, Karine Chagas; MAGALHÃES, Elma Izze da Silva; SOUZA, Cláudio Lima; NETTO, Michele Pereira; LAMOUNIER, Joel Alves; ROCHA, Daniela da Silva. Prevalência e Fatores Associados à Anemia em Crianças de Creches: Uma Análise Hierarquizada. Revista Paulista de Pediatria. Sociedade de Pediatria de São Paulo. Vol. 35, núm. 3, pp. 281-288, julio-septiembre, 2017.

R CORE TEAM (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

ROBIN, Xavier; TURCK, Natacha; HAINARD, Alexandre; TIBERTI, Natalia; LISACEK, Frédérique; SANCHEZ, Jean-Charles; MÜLLER, Markus. pROC: an open-source package for R and S+ to analyze and compare ROC curves. BMC Bioinformatics, 12, p. 77, 2011. DOI: 10.1186/1471-2105-12-77. <http://www.biomedcentral.com/1471-2105/12/77/>.

SALOMÃO, Cristilene Batista; SANTOS, Luana Caroline; FERREIRA, Aline Dayrell; LOPES, Aline Cristine Souza. Fatores Associados à Hipertensão Arterial em Usuários de Serviço de Promoção à Saúde. REME – Rev. Min. Enferm., 17(1): 39-45, jan/mar, 2013.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres-Naturais/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Rio-de-Janeiro-5082.html>>. Acesso em: 03 fev. 2020.

_____. Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres-Naturais/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes-5379.html>>. Acesso em: 03 fev. 2020.

_____. Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações – 1: 25.000. Nota Técnica Explicativa. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.

SIEGEL, Sidney; CASTELLAN JR., N. John. Estatística Não-Paramétrica para Ciências do Comportamento. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TUCCI, Carlos E. M.. Gestão da Drenagem Urbana. Textos para Discussão - CEPAL – IPEA. Brasília, DF, 2012.

UNISDR – UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030. Disponível em: <http://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.

_____. Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Ginebra: Naciones Unidas; UNISDR, 2009. Disponível em: <https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012. Volume Rio de Janeiro. Florianópolis. CEPED - UFSC, 2013. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

_____. Capacitação dos Gestores de Defesa Civil para uso do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID. CEPED - UFSC, 2012.

ZEILEIS, Achim (2006). "Object-Oriented Computation of Sandwich Estimators".
Journal of Statistical Software, 16(9),1-16. doi: 10.18637/jss.v016.i09 (URL:
<https://doi.org/10.18637/jss.v016.i09>).

ZOU G. A modified Poisson regression approach to prospective studies with binary
data. Am J Epidemiol. Abril, 2004. 159(7):702-6.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Desastres de origem hidrológica por mesorregião nos municípios do Estado do Rio de Janeiro no período 2015- 2019.

Município	Mesorregião	Ocorrência de Desastres do grupo Hidrológico no período 2015-2019						Nº DE EVENTOS
		SIM (1) NÃO (0)	2015	2016	2017	2018	2019	
Belford Roxo	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Cachoeiras de Macacu	Metropolitana	1	0	A/I	0	0	0	2
Duque de Caxias	Metropolitana	1	A	0	0	0	0	1
Engenheiro Paulo de Frontin	Metropolitana	1	0	0	0	2A	0	2
Guapimirim	Metropolitana	1	0	2I/A	A	A/3I	E	9
Itaboraí	Metropolitana	1	0	0	0	E	0	1
Itaguaí	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Japeri	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Magé	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Mangaratiba	Metropolitana	1	0	0	0	E	0	1
Maricá	Metropolitana	1	0	I	0	0	0	1
Mendes	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Mesquita	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Miguel Pereira	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Nilópolis	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Niterói	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Nova Iguaçu	Metropolitana	1	0	0	0	I	0	1
Paracambi	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0

Continua

Apêndice A. Continuação.

Município	Mesorregião	Ocorrência de Desastres do grupo Hidrológico no período 2015-2019						Nº DE EVENTOS
		SIM (1) NÃO (0)	2015	2016	2017	2018	2019	
Paty do Alferes	Metropolitana	1	0	E	0	0	0	1
Petrópolis	Metropolitana	1	E	2E	0	E	0	4
Queimados	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Rio Bonito	Metropolitana	1	0	E/A/I	0	0	0	3
Rio de Janeiro	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
São Gonçalo	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
São João de Meriti	Metropolitana	1	0	0	A	0	0	1
São José do Vale do Rio Preto	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Seropédica	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Tanguá	Metropolitana	1	0	2 E	0	A	0	3
Teresópolis	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Vassouras	Metropolitana	0	0	0	0	0	0	0
Aperibé	Noroeste Fluminense	1	0	0	0	0	A	1
Bom Jesus do Itabapoana	Noroeste Fluminense	1	0	0	0	E/I	E	3
Cambuci	Noroeste Fluminense	1	0	0	0	E	0	1
Italva	Noroeste Fluminense	0	0	0	0	0	0	0
Itaocara	Noroeste Fluminense	1	0	0	0	A	0	1
Itaperuna	Noroeste Fluminense	1	0	0	0	E	0	1
Laje do Muriaé	Noroeste Fluminense	0	0	0	0	0	0	0
Miracema	Noroeste Fluminense	1	E	0	A	A	0	3
Natividade	Noroeste Fluminense	0	0	0	0	0	0	0
Porciúncula	Noroeste Fluminense	1	0	0	0	0	2A/E	3
Santo Antônio de Pádua	Noroeste Fluminense	1	A	0	A	A	0	3
São José de Ubá	Noroeste Fluminense	0	0	0	0	0	0	0

Continua

Apêndice A. Continuação.

Município	Mesorregião	Ocorrência de Desastres do grupo Hidrológico no período 2015-2019							Nº DE EVENTOS
		SIM (1) NÃO (0)	2015	2016	2017	2018	2019		
Varre-Sai	Noroeste Fluminense	1	0	0	0	E	E	2	
Campos dos Goytacazes	Norte Fluminense	1	0	0	E	2E	A/E/I	6	
Carapebus	Norte Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Cardoso Moreira	Norte Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Conceição de Macabu	Norte Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Macaé	Norte Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Quissamã	Norte Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
São Fidélis	Norte Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
São Francisco de Itabapoana	Norte Fluminense	1	0	0	0	0	I	1	
São João da Barra	Norte Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Areal	Centro Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Bom Jardim	Centro Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Cantagalo	Centro Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Carmo	Centro Fluminense	1	0	I	0	0	0	1	
Comendador Levy									
Gasparian	Centro Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Cordeiro	Centro Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Duas Barras	Centro Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Macuco	Centro Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Nova Friburgo	Centro Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Paraíba do Sul	Centro Fluminense	1	0	E	0	0	0	1	
Santa Maria Madalena	Centro Fluminense	1	0	0	E	E	E	3	
São Sebastião do Alto	Centro Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Sapucaia	Centro Fluminense	1	0	I	0	0	E	2	
Sumidouro	Centro Fluminense	1	0	0	0	I	0	1	

Continua

Apêndice A. Continuação.

Município	Mesorregião	Ocorrência de Desastres do grupo Hidrológico no período 2015-2019							Nº DE EVENTOS
		SIM (1) NÃO (0)	2015	2016	2017	2018	2019		
Trajano de Moraes	Centro Fluminense	1	0	0	0	E/I	0	2	
Três Rios	Centro Fluminense	1	0	0	0	I	0	1	
Araruama	Baixadas	0	0	0	0	0	0	0	
Armação dos Búzios	Baixadas	0	0	0	0	0	0	0	
Arraial do Cabo	Baixadas	0	0	0	0	0	0	0	
Cabo Frio	Baixadas	0	0	0	0	0	0	0	
Casimiro de Abreu	Baixadas	1	0	0	0	A/I	0	2	
Iguaba Grande	Baixadas	1	0	0	0	0	A	1	
Rio das Ostras	Baixadas	1	0	0	0	A	0	1	
São Pedro da Aldeia	Baixadas	0	0	0	0	0	0	0	
Saquarema	Baixadas	1	0	A	0	0	0	1	
Silva Jardim	Baixadas	1	0	I	0	I	I	3	
Angra dos Reis	Sul Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Barra do Piraí	Sul Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Barra Mansa	Sul Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Itatiaia	Sul Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Paraty	Sul Fluminense	1	0	0	E	0	0	1	
Pinheiral	Sul Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Piraí	Sul Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Porto Real	Sul Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Quatis	Sul Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Resende	Sul Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Rio Claro	Sul Fluminense	0	0	0	0	0	0	0	
Rio das Flores	Sul Fluminense	1	E	0	0	0	0	1	

Continua

Apêndice A. Continuação.

Município	Mesorregião	Ocorrência de Desastres do grupo Hidrológico no período 2015-2019					2019	Nº DE EVENTOS
		SIM (1) NÃO (0)	2015	2016	2017	2018		
Valença	Sul Fluminense	1	0	I	0	2E	A/I	5
Volta Redonda	Sul Fluminense	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL			5	20	7	32	17	81

A - Alagamento; I - Inundação; E - Enxurrada

Fonte: Elaborada pelo autor.

APÊNDICE B – Hierarquização dos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro em ordem decrescente das probabilidades estimadas de serem atingidos por desastres do grupo hidrológico e classificação dos municípios como tendo probabilidade “muito alta”, “alta”, “média” ou “baixa” de serem atingidos por desastres do citado grupo.

Município	Mesorregião	Probabilidade estimada de ser atingido por desastre do grupo hidrológico	Classificação
Cambuci	Noroeste Fluminense	0,958	Muito alta
Varre- Sai	Noroeste Fluminense	0,866	Muito alta
São José do Vale do Rio Preto	Metropolitana	0,853	Muito alta
Sumidouro	Centro Fluminense	0,847	Muito alta
São José de Ubá	Noroeste Fluminense	0,813	Muito alta
Trajano de Moraes	Centro Fluminense	0,805	Muito alta
Saquarema	Baixadas	0,771	Muito alta
Laje do Muriaé	Noroeste Fluminense	0,742	Alta

Continua

Apêndice B. Continuação.

Município	Mesorregião	Probabilidade estimada de ser atingido por desastre do grupo hidrológico	Classificação
Itaocara	Noroeste Fluminense	0,725	Alta
Italva	Noroeste Fluminense	0,704	Alta
Porciúncula	Noroeste Fluminense	0,690	Alta
Silva Jardim	Baixadas	0,670	Alta
Natividade	Noroeste Fluminense	0,657	Alta
Araruama	Baixadas	0,645	Alta
Aperibé	Noroeste Fluminense	0,621	Alta
Bom Jesus do Itabapoana	Noroeste Fluminense	0,608	Alta
Paty do Alferes	Metropolitana	0,608	Alta
Santo Antônio de Pádua	Noroeste Fluminense	0,588	Alta
Areal	Centro Fluminense	0,580	Alta
Tanguá	Metropolitana	0,577	Alta
São Sebastião do Alto	Centro Fluminense	0,562	Alta
Mendes	Metropolitana	0,548	Alta
São Francisco de Itabapoana	Norte Fluminense	0,546	Alta
Duas Barras	Centro Fluminense	0,542	Alta
Engenheiro Paulo de Frontin	Metropolitana	0,529	Alta
Magé	Metropolitana	0,527	Alta
Seropédica	Metropolitana	0,517	Alta
Miracema	Noroeste Fluminense	0,515	Alta
Itaperuna	Noroeste Fluminense	0,514	Alta
Maricá	Metropolitana	0,514	Alta
Santa Maria Madalena	Centro Fluminense	0,508	Alta
Casimiro de Abreu	Baixadas	0,505	Alta
Itaboraí	Metropolitana	0,505	Alta

Continua

Apêndice B. Continuação.

Município	Mesorregião	Probabilidade estimada de ser atingido por desastre do grupo hidrológico	Classificação
Bom Jardim	Centro Fluminense	0,500	Alta
Cachoeiras de Macacu	Metropolitana	0,499	Média
Teresópolis	Metropolitana	0,484	Média
Japeri	Metropolitana	0,473	Média
Miguel Pereira	Metropolitana	0,473	Média
Guapimirim	Metropolitana	0,471	Média
São Pedro da Aldeia	Baixadas	0,450	Média
Cabo Frio	Baixadas	0,430	Média
Vassouras	Metropolitana	0,424	Média
Rio Bonito	Metropolitana	0,407	Média
Rio das Ostras	Baixadas	0,403	Média
Iguaba Grande	Baixadas	0,400	Média
Mangaratiba	Metropolitana	0,394	Média
Itaguaí	Metropolitana	0,390	Média
Sapucaia	Centro Fluminense	0,380	Média
Armação dos Búzios	Baixadas	0,369	Média
Belford Roxo	Metropolitana	0,359	Média
São Gonçalo	Metropolitana	0,359	Média
Arraial do Cabo	Baixadas	0,358	Média
Petrópolis	Metropolitana	0,354	Média
Carmo	Centro Fluminense	0,350	Média
Paraty	Sul Fluminense	0,349	Média
Paracambi	Metropolitana	0,347	Média
Cantagalo	Centro Fluminense	0,347	Média
Nova Iguaçu	Metropolitana	0,346	Média

Continua

Apêndice B. Continuação.

Município	Mesorregião	Probabilidade estimada de ser atingido por desastre do grupo hidrológico	Classificação
Queimados	Metropolitana	0,344	Média
Duque de Caxias	Metropolitana	0,331	Média
São João da Barra	Norte Fluminense	0,327	Média
Niterói	Metropolitana	0,293	Média
Rio Claro	Sul Fluminense	0,291	Média
Comendador Levy Gasparian	Centro Fluminense	0,282	Média
Paraíba do Sul	Centro Fluminense	0,280	Média
Mesquita	Metropolitana	0,279	Média
Três Rios	Centro Fluminense	0,277	Média
São João de Meriti	Metropolitana	0,274	Média
Rio de Janeiro	Metropolitana	0,273	Média
Nova Friburgo	Centro Fluminense	0,273	Média
Cordeiro	Centro Fluminense	0,269	Média
Rio das Flores	Sul Fluminense	0,267	Média
Valença	Sul Fluminense	0,249	Baixa
Nilópolis	Metropolitana	0,249	Baixa
Barra do Piraí	Sul Fluminense	0,225	Baixa
Campos dos Goytacazes	Norte Fluminense	0,216	Baixa
Piraí	Sul Fluminense	0,210	Baixa
Barra Mansa	Sul Fluminense	0,206	Baixa
Quatis	Sul Fluminense	0,201	Baixa
Macuco	Centro Fluminense	0,201	Baixa
Cardoso Moreira	Norte Fluminense	0,197	Baixa
Angra dos Reis	Sul Fluminense	0,191	Baixa
Conceição de Macabu	Norte Fluminense	0,184	Baixa

Continua

Apêndice B. Continuação.

Município	Mesorregião	Probabilidade estimada de ser atingido por desastre do grupo hidrológico	Classificação
Itatiaia	Sul Fluminense	0,178	Baixa
Pinheiral	Sul Fluminense	0,165	Baixa
Porto Real	Sul Fluminense	0,162	Baixa
Resende	Sul Fluminense	0,155	Baixa
Volta Redonda	Sul Fluminense	0,151	Baixa
São Fidélis	Norte Fluminense	0,147	Baixa
Carapebus	Norte Fluminense	0,138	Baixa
Macaé	Norte Fluminense	0,127	Baixa
Quissamã	Norte Fluminense	0,118	Baixa

Fonte: Elaborada pelo autor.

APÊNDICE C – Artigo publicado *online* na edição de número 73 da Revista Eletrônica Educação Ambiental em Ação. ISSN 1678-0701. Seção: Artigos. Data da publicação: 03/12/2020. Volume, Série: 19, 4. Link permanente: [HTTP://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=4066](http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=4066).

**ASSOCIAÇÃO ENTRE INDICADORES DEMOGRÁFICOS,
SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS E A PREVALÊNCIA DOS
MUNICÍPIOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ATINGIDOS POR
DESASTRES DE ORIGEM HIDROLÓGICA NO PERÍODO DE 2015 A 2019.**

Paulo Renato Pereira da Silva¹, Tainá Rangel Oliveira², José Rodrigo de Moraes³

¹ Mestrando em Defesa e Segurança Civil pela Universidade Federal Fluminense;
pauloreps@gmail.com;

² Mestranda em Defesa e Segurança Civil pela Universidade Federal Fluminense;
aniatrangel@hotmail.com;

³ Doutor em Saúde Coletiva pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, e Professor do Departamento de Estatística e do Mestrado em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense; jrodrigo@id.uff.br.

Resumo

Este artigo teve como objetivo analisar a associação entre indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios do Estado do Rio de Janeiro e a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica (inundações, enxurradas ou alagamentos) no quinquênio 2015-2019, tendo em vista a relevância dos citados desastres no campo das ciências ambientais. Os municípios fluminenses foram classificados como tendo probabilidade “muito alta”, “alta”, “média” ou “baixa” de serem atingidos por desastres desta natureza. Além das análises bivariadas, utilizou-se o modelo log-linear de Poisson com variância robusta, a partir do qual foram obtidas razões de prevalência (RP) brutas e ajustadas, os seus respectivos intervalos com 95% de confiança (IC95%) e os p-valores do teste de significância de Wald. Foi observado que 42,4% dos municípios fluminenses foram atingidos por desastres de origem hidrológica no período 2015-2019. A maior prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica ocorreu na mesorregião Noroeste Fluminense *versus* Sul Fluminense (RP=2,871; p-valor=0,041) e em municípios com menores percentuais de população residindo em domicílios com esgotamento sanitário adequado (RP=0,979; p-valor=0,005). Sete municípios apresentaram probabilidade muito alta de serem atingidos por eventos de origem hidrológica: Cambuci e Varre-Sai (Noroeste Fluminense), São José do Vale do Rio Preto (Metropolitana), Sumidouro e Trajano de Moraes (Centro Fluminense), São José

de Ubá (Noroeste Fluminense), e Saquarema (Baixadas). Neste cenário, entende-se imperioso o célere e efetivo implemento da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, essencialmente nestas municipalidades com probabilidades muito altas de serem afetadas por desastres de origem hidrológica, mediante ações de conscientização quanto à educação ambiental, prevenção visando redução dos riscos de desastres, minoração de danos e, fundamentalmente, salvaguarda de vidas.

Palavras chave: Rio de Janeiro; Desastres; Origem Hidrológica; Conscientização Ambiental; Prevenção.

Abstract

This study aimed to analyze the association between demographic, socioeconomic and environmental indicators and the prevalence of municipalities in the State of Rio de Janeiro affected by disasters of hydrological origin (flooding, flash flood or flood) in the 2015-2019 five-year period, in view of the relevance of the aforementioned disasters in the field of environmental sciences. The municipalities of Rio de Janeiro were classified as having a “very high”, “high”, “medium” or “low” probability of being affected by disasters of this nature. In addition to the bivariate analyzes, the Poisson log-linear model with robust variance was used, based on previous gross and adjusted prevalence ratings (PR), their respective 95% confidence intervals (CI95%) and p-values of the Wald significance test. It was observed that 42,4% of the municipalities in Rio de Janeiro were affected by disasters of hydrological origin in the period between 2015- 2019. The highest prevalence of municipalities affected by disasters of hydrological origin occurs in the Northwest Fluminense region *versus* South Fluminense region (RP=2,871; p-valor=0,041) and in municipalities with lower percentages of population residing in households with adequate sanitation (RP=0,979; p-valor=0,005). Seven municipalities had a very high probability of being affected by hydrological events: Cambuci, Varre- Sai (Northwest Fluminense region), São José do Vale do Rio Preto (Metropolitan region), Sumidouro e Trajano de Moraes (Center region), São José de Ubá (Northwest Fluminense region), and Saquarema (Baixadas region). In this scenario, the swift and effective implementation of the National Policy for Civil Protection and Defense is imperative, essentially in these municipalities with very high probabilities of being affected by disasters of hydrological origin, through

awareness raising actions regarding environmental education, prevention aiming at reducing risks of disasters, mitigating damages and, fundamentally, safeguarding lives.

Palavras chave: Rio de Janeiro; Disasters; Hydrological Origin; Environmental Awareness; Prevention.

Introdução

A rápida e não planejada urbanização experimentada pelas cidades brasileiras gera problemas sociais e ambientais que estão interligados. A falta de medidas proativas com relação ao crescimento urbano leva à uma concentração de populações de baixa renda vivendo em áreas inadequadas, deixando-as mais vulneráveis a desastres (BAENINGER, 2010).

Fatores como pobreza e desigualdade, intervenções antrópicas, aumento da impermeabilização do solo nos grandes centros urbanos, ocupação irregular de áreas próximas aos rios e córregos, destinação imprópria de resíduos sólidos, insuficiência da rede de galerias pluviais e demais problemas advindos de inadequações dos sistemas de saneamento aumentam o risco de desastres (AZEVEDO *et al.*, 2020; CEPED, 2013; TUCCI, 2012). Ainda, conforme Azevedo *et al.* (2020), a carência de saneamento básico constitui fator de agravamento a desastres no Brasil, dado que poucas cidades possuem um sistema eficiente e em condições de suportar fortes chuvas. Além disso, as características locais do relevo, a intensidade e concentração das chuvas, a umidade e precipitação acumulada em determinadas localidades também estão associadas à ocorrência de desastres (CEPED, 2013).

Conforme o Marco de Sendai para a redução do risco de desastres e de suas consequências (perdas e danos) é necessário a aplicação de medidas voltadas para a prevenção do surgimento de novos riscos e redução dos já existentes por meio da adoção de um conjunto de políticas de natureza diversa (econômica, social, sanitária, jurídica, educativa, ambiental, etc.) que reduzam o grau de exposição à ameaças e vulnerabilidade aos desastres, e que aumentem a preparação para a resposta e recuperação nos casos de desastres (UNISDR, 2015).

O presente trabalho buscou analisar temática atinente às ciências ambientais, pelo estudo da associação entre indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios do Estado do Rio de Janeiro e a prevalência de municípios

atingidos por desastres de origem hidrológica (inundações, enxurradas ou alagamentos) no quinquênio 2015-2019, de modo a subsidiar ações de Defesa Civil, fomentando a redução dos riscos de desastres preconizada pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

Metodologia

Neste trabalho foram considerados como população de estudo os 92 (noventa e dois) municípios do Estado do Rio de Janeiro, atingidos ou não por desastres do grupo hidrológico da Categoria Natural da Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), no período de 2015 a 2019, tendo como base relatórios gerenciais de danos decorrentes de desastres do referido grupo, informados por gestores municipais no S2iD. Estes desastres incluem as inundações, enxurradas e alagamentos (BRASIL, 2016).

Entre os indicadores provenientes do Censo Demográfico 2010, considerados no presente estudo, estão: a densidade demográfica, o percentual de domicílios particulares permanentes com coleta de lixo adequada, o percentual de esgotamento sanitário adequado e percentual de urbanização de vias públicas. Além destes indicadores, foram considerados, ainda, o produto interno bruto (PIB) *per capita*, produzido pelo IBGE em 2017; a altura média anual de precipitação, levantada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e a mesorregião, que é uma variável que representa uma subdivisão do Estado do Rio de Janeiro em 6 (seis) mesorregiões geográficas (IBGE, 2017).

Com relação à análise estatística descritiva, foram construídas tabelas de contingência para representar as distribuições dos municípios por ocorrência ou não de desastres de origem hidrológica segundo as mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro e as faixas de altura média anual de precipitação. Para os indicadores quantitativos, foram obtidos esquemas de cinco números (mínimo, 1º quartil, mediana, 3º quartil, máximo), considerando municípios atingidos *versus* não atingidos por desastres de origem hidrológica.

Com relação à análise estatística inferencial, para comparar o percentual de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica entre as mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro e entre as faixas de altura média anual de precipitação, empregou-se o teste Qui-quadrado de Pearson. Também foi adotado o teste não

paramétrico de Mann-Whitney para a comparação dos indicadores quantitativos dos municípios atingidos *versus* não atingidos por desastres de origem hidrológica. Os testes Qui-quadrado e de Mann-Whitney foram realizados utilizando o Programa R versão 3.6.1, considerando o nível de significância de 5% ($p\text{-valor} \leq 0,05$).

O desfecho do estudo é um indicador binário (Y) que informa se o município foi atingido ou não atingido por desastres de origem hidrológica (inundação, enxurrada, alagamento) no período 2015-2019, com danos humanos associados aos desastres. Caso o município tenha sido atingido por pelo menos um destes eventos (inundação, enxurrada, alagamento) em um ou mais anos pertencentes ao período 2015-2019, o município foi classificado como atingido por desastres de origem hidrológica ($Y=1$). Caso não haja registro da ocorrência de pelo menos um destes eventos, em um ou mais anos do período considerado, o município foi classificado como não atingido por desastres de origem hidrológica ($Y=0$).

A associação entre os indicadores municipais e a prevalência (ou probabilidade) do município ser atingido por desastres de origem hidrológica foi avaliada usando o modelo de regressão log-linear de Poisson com variância robusta. Este modelo estatístico pertence à classe dos modelos lineares generalizados, onde a distribuição de probabilidade do desfecho Y é a distribuição de Poisson e a função de ligação é a função logarítmica (FARAWAY, 2006). Em geral, este modelo é utilizado para analisar dados de contagem, mas também pode ser empregado para analisar desfechos binários (BARROS e HIRAKATA, 2003; COUTINHO *et al.*, 2008; ZOU, 2004).

No que tange à estratégia de modelagem, na primeira etapa foram ajustados modelos log-lineares de Poisson simples, e para cada modelo foram obtidas razões de prevalência (RP) brutas e seus respectivos intervalos com 95% de confiança (IC95%). Na segunda etapa, foi ajustado um modelo log-linear de Poisson multivariado considerando apenas as variáveis (indicadores) cuja associação com o desfecho na primeira etapa foi significativa ao nível de significância de 20% ($p\text{-valor} \leq 0,20$). As variáveis que apresentaram associação estatística ao nível de 5% ($p\text{-valor} \leq 0,05$) foram mantidas no modelo multivariado. A significância da associação entre cada uma das variáveis e o desfecho foi avaliada por meio do teste de Wald.

A partir do modelo multivariado selecionado, foi obtida então, a estimativa da probabilidade de cada um dos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro ser atingido por desastres de origem hidrológica, e foi realizada a distribuição espacial das

probabilidades estimadas, inclusive por mesorregião do Estado do Rio de Janeiro. Os municípios foram classificados como tendo probabilidade “baixa” ($0 \leq p < 0,25$), “média” ($0,25 \leq p < 0,50$), “alta” ($0,50 \leq p < 0,75$) ou “muito alta” ($0,75 \leq p \leq 1$) de serem atingidos por desastres de origem hidrológica.

Resultados

Do estudo realizado, observou-se que 39 (42,4%) municípios do Estado do Rio de Janeiro registraram desastres de origem hidrológica no período de 2015 a 2019 (Tabela 1).

Na Tabela 1, observou-se maior percentual de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica na região Noroeste Fluminense (69,2%) e menor percentual no Sul Fluminense (21,4%). Através do teste Qui-quadrado de Pearson, não se verificou diferença estatisticamente significativa nas distribuições de municípios atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica entre as mesorregiões ($p\text{-valor} > 0,05$). Também não foi observada diferença significativa entre as faixas de altura média anual de precipitação.

Tabela 1: Distribuição de municípios atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica para cada mesorregião e para cada faixa de altura média anual de precipitação, no período de 2015 a 2019 - Estado do Rio de Janeiro.

Variáveis	Nº de municípios (N=92)	Atingido por desastres de origem hidrológica				p-valor*
		Não		Sim		
		N=53	%	N=39	%	
Mesorregião						
Baixas	10	5	50,0%	5	50,0%	0,150
Centro Fluminense	16	9	56,2%	7	43,8%	
Metropolitana	30	17	56,7%	13	43,3%	
Noroeste Fluminense	13	4	30,8%	9	69,2%	
Norte Fluminense	9	7	77,8%	2	22,2%	
Sul Fluminense	14	11	78,6%	3	21,4%	
Alt. média anual						
Menor do que 1000 mm	10	6	60,0%	4	40,0%	0,722
Maior ou igual a 1000 mm	75	42	56,0%	33	44,0%	
Não informado	7	5	71,4%	2	28,6%	

* Teste Qui-quadrado de Pearson.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nos municípios atingidos por desastres de origem hidrológica, o percentual de esgotamento sanitário adequado variou de 13,0% a 94,2%, enquanto nos municípios não atingidos, o percentual variou de 37,3% a 98,7%. O percentual mediano de esgotamento adequado foi de 71,0% (AI=21,5%) nos municípios atingidos e de 80,2% (AI=18,6%) nos municípios não atingidos (Tabela 2).

Com relação ao percentual de domicílios com coleta de lixo adequada, observou-se uma mediana de 93,2% (AI=7,5%) e uma variação total de 69,0% a 99,4% nos municípios atingidos. Nos municípios não atingidos por desastres de origem hidrológica, observou-se uma mediana de 95,8% (AI=5,3%) e uma variação total de 64,6% a 99,8%.

No que tange ao indicador percentual de urbanização de vias públicas, constatou-se que este percentual variou de 2,0% a 69,2% nos municípios atingidos por desastres de origem hidrológica, enquanto nos municípios não atingidos a variação percentual foi de 3,2% a 91,3%. O percentual mediano de urbanização de vias públicas foi de 38,7% (AI=20,4%) nos municípios atingidos e de 39,4% (AI=30,1%) nos municípios não atingidos.

Quanto ao PIB *per capita* (R\$), observou-se uma mediana de R\$ 22.170 (AI=R\$ 12.742) e uma variação total de 15.202 a 84.854 reais nos municípios atingidos por desastres de origem hidrológica. Nos municípios não atingidos por desastres de origem hidrológica, observou-se uma mediana de R\$ 24.712 (AI=R\$ 24.774) e uma variação total de 13.550 a 151.721 reais.

No que se refere à densidade demográfica (hab/Km²), identificou-se que este indicador variou de 12,7 a 13.025 hab/Km² nos municípios atingidos por desastres de origem hidrológica, enquanto nos municípios não atingidos a variação foi de 20,8 a 8.118 hab/Km². A mediana obtida para a densidade demográfica foi de 82,7 habitantes por Km² (AI=159,5 hab./Km²) nos municípios atingidos e de 170 habitantes por Km² (AI=274,9 hab./Km²) nos municípios não atingidos por desastres de origem hidrológica.

Tabela 2: Esquema de cinco números (mínimo, 1º quartil, mediana, 2º quartil e máximo) para os indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios atingidos e não atingidos por desastres de origem hidrológica – Estado do Rio de Janeiro.

Indicadores socioeconômicos	Atingido por desastres de		p- valor*
	origem hidrológica		
	Não (N=53)	Sim (N=39)	
% Esgotamento sanitário adequado			
Min	37,3	13,0	0,031
Q1	66,3	60,1	
Md	80,2	71,0	
Q3	84,9	81,6	
Max	98,7	94,2	
% Coleta de lixo adequada			
Min	64,6	69,0	0,021
Q1	92,7	88,3	
Md	95,8	93,2	
Q3	98,0	95,8	
Max	99,8	99,4	
% Urbanização de vias públicas			
Min	3,2	2,0	0,222
Q1	28,7	26,6	
Md	39,4	38,7	
Q3	58,8	47,0	
Max	91,3	69,2	
PIB per capita (R\$)			
Min	13.550	15.202	0,398
Q1	18.550	18.378	
Md	24.712	22.170	
Q3	43.324	31.120	
Max	151.721	84.854	
Densidade Demográfica (hab./km²)			
Min	20,8	12,7	0,148
Q1	52,1	51,5	
Md	170	82,7	
Q3	327	211	
Max	8.118	13.025	

* Teste de Mann Whitney.

Min = mínimo, Q1= 1º quartil, Md = mediana, Q3 = 3º quartil, Max = máximo,
Q3 – Q1 é a amplitude interquartílica (AI).

Fonte: Elaborada pelos autores.

Segundo o teste de Mann-Whitney, os municípios atingidos por desastres de origem hidrológica apresentaram percentuais de esgotamento sanitário adequado e percentuais de domicílios com coleta de lixo adequada significativamente menores do que os municípios não atingidos (p -valor $<0,05$). Não foi constatada diferença estatisticamente significativa nos valores dos indicadores percentual de urbanização de

vias públicas, PIB *per capita* e densidade demográfica entre os municípios atingidos e não atingidos (p -valor $>0,05$) pelos desastres (Tabela 2).

A Tabela 3 apresenta os resultados do ajuste do modelo de regressão log-linear de Poisson que associa os indicadores municipais demográficos, socioeconômicos e ambientais com a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica, no período 2015-2019.

Tabela 3: Associação entre indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais e a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica no período de 2015 a 2019.

Indicadores socioeconômicos e ambientais	Modelos simples (Análise bruta)			Modelo multivariado selecionado		
	RP	IC95%	P-	RP	IC95%	P-
Mesorregião			0,145			0,039
Baixas	2,333	(0,718-7,587)	0,159	2,129	(0,710-	0,177
Centro Fluminense	2,042	(0,649-6,426)	0,222	1,364	(0,411-	0,612
Metropolitana	2,022	(0,684-5,975)	0,203	1,743	(0,624-	0,289
Noroeste Fluminense	3,231	(1,112-9,386)	0,031	2,871	(1,045-	0,041
Norte Fluminense	1,037	(0,213-5,041)	0,964	0,628	(0,144-	0,537
Sul Fluminense	1	-	-	1	-	-
Altura média anual de			0,766			
Não informado	0,714	(0,177-2,884)	0,637			
Maior ou igual a 1000 mm	1,100	(0,494-2,450)	0,816			
Menor do que 1000 mm	1	-	-			
% Esgotamento sanitário	0,985	(0,975-0,996)	0,005	0,979	(0,965-	0,005
% Coleta de lixo adequada	0,976	(0,949-1,003)	0,083			
% Urbanização de vias	0,991	(0,979-1,003)	0,146			
PIB <i>per capita</i> (R\$)	0,999	(0,999-1,000)	0,110			
Densidade Demográfica (hab./km²)	0,999	(0,999-1,000)	0,658			

*Teste de Wald

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na análise bruta, observou-se que a mesorregião, o percentual de esgotamento sanitário adequado, o percentual de domicílios com coleta de lixo adequada, o percentual de urbanização de vias públicas e o PIB *per capita* estão estatisticamente associados com a prevalência dos municípios atingidos por desastres de origem hidrológica no quinquênio 2015-2019, considerando o nível de significância de 20% ($p\text{-valor} \leq 0,20$). Entretanto, no modelo multivariado apenas a mesorregião e o percentual de esgotamento sanitário adequado permaneceram associados com a referida prevalência ao nível de significância de 5% ($p\text{-valor} \leq 0,05$) (Tabela 3).

A prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica no quinquênio 2015-2019 foi 2,87 vezes maior na região Noroeste Fluminense em comparação à região Sul Fluminense (RP=2,871; $p\text{-valor}=0,041$). Além disso, observou-se que a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica reduz em 2,1% ao aumentar em uma unidade o percentual de esgotamento sanitário adequado (RP=0,979; $p\text{-valor}=0,005$) (Tabela 3).

A Figura 1 apresenta a relação entre o percentual de esgotamento sanitário adequado e a probabilidade estimada do município ser atingido por desastres de origem hidrológica, considerando as seis mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro.

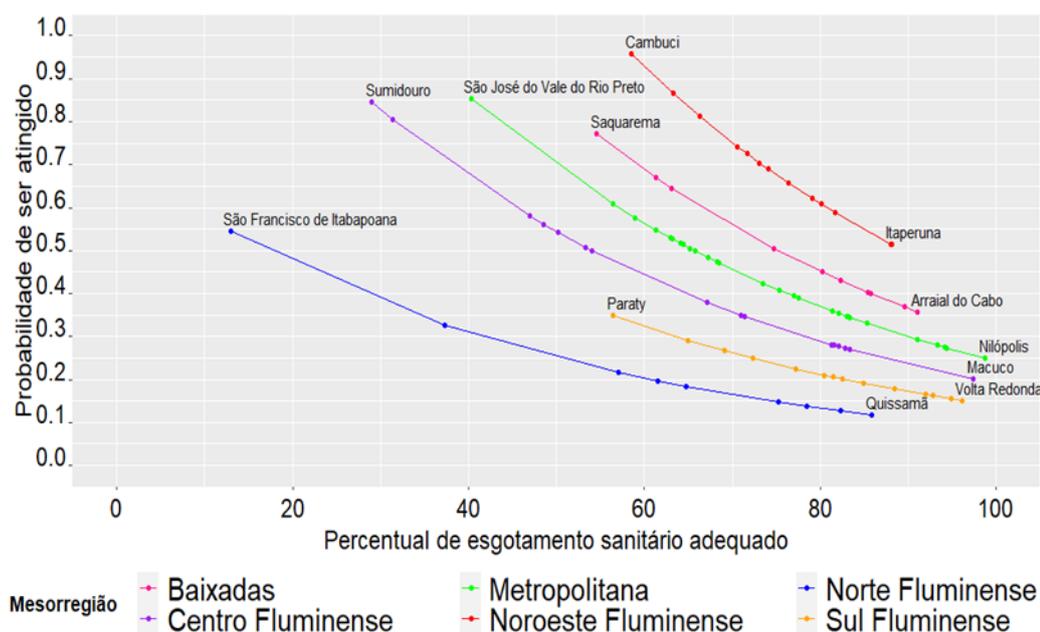


Figura 1: Relação entre o percentual de esgotamento sanitário adequado e a probabilidade estimada do município ser atingido por desastres de origem hidrológica, segundo as mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro.

A Figura 2 mostra a distribuição espacial das probabilidades dos municípios fluminenses serem atingidos por desastres do grupo hidrológico. Do total de 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro, 7,6% (N=7) apresentaram probabilidades “muito altas” (superiores ou iguais a 0,75) de serem atingidos por desastres de origem hidrológica e 29,3% (N=27) apresentaram probabilidades “altas” (de 0,50 a 0,75, exclusive) de serem atingidos. Os demais municípios apresentaram probabilidades “baixas” (21,7%; N=20) ou “médias” (41,3%; N= 38) de serem atingidos por estes desastres, isto é, probabilidades inferiores a 0,25 ou probabilidades de 0,25 a 0,50 (exclusive), respectivamente. Os sete municípios que apresentaram probabilidade “muito alta” de serem atingidos por eventos de origem hidrológica foram: Cambuci e Varre-Sai (Mesorregião Noroeste Fluminense), São José do Vale do Rio Preto (Mesorregião Metropolitana), Sumidouro (Mesorregião do Centro), São José de Ubá (Noroeste Fluminense), Trajano de Moraes (Centro) e Saquarema (Baixadas).

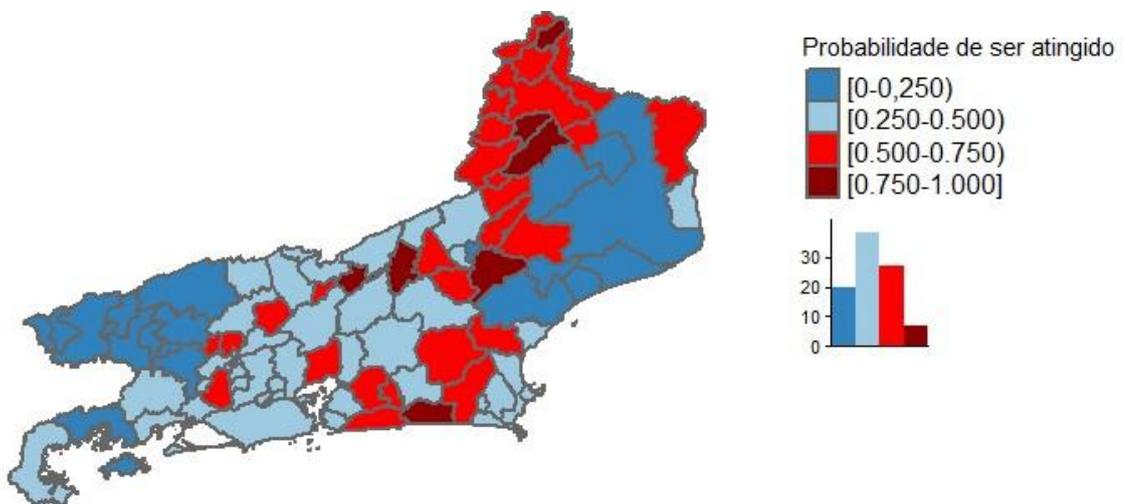


Figura 2: Distribuição espacial dos municípios fluminenses segundo as faixas de probabilidades de serem atingidos por desastres de origem hidrológica.

A Figura 3 apresenta a distribuição espacial das probabilidades estimadas dos municípios serem atingidos por desastres do grupo hidrológico, estratificada por mesorregião do Estado do Rio de Janeiro.

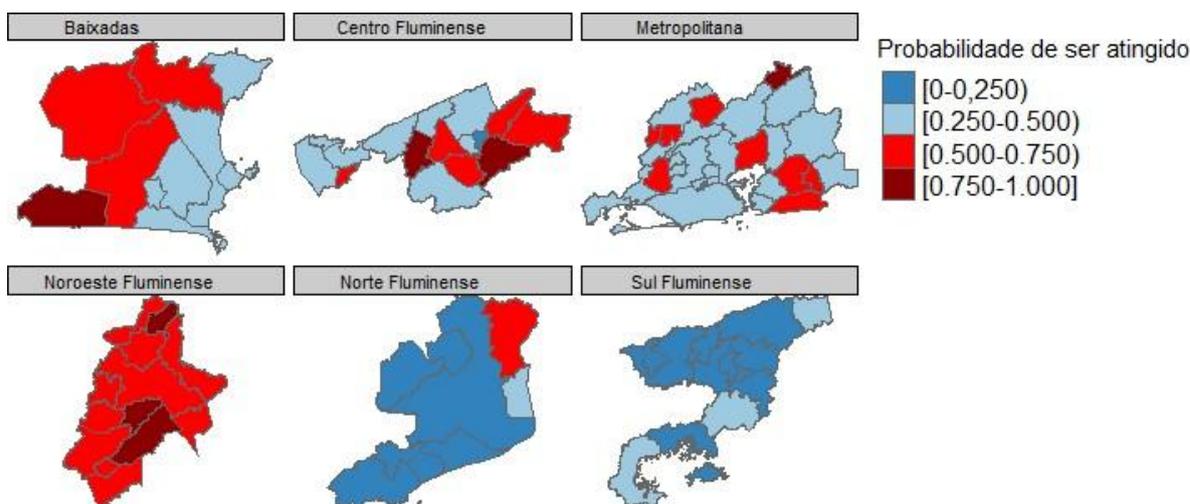


Figura 3: Distribuição espacial dos municípios segundo as faixas de probabilidades de serem atingidos por desastres de origem hidrológica, para cada uma das seis mesorregiões no Estado do Rio de Janeiro.

Da Figura 3, observa-se a existência de um ou mais municípios com probabilidade “alta” ou “muito alta” de serem atingidos em todas as mesorregiões do estado do Rio de Janeiro, com exceção da mesorregião Sul Fluminense. Entretanto, o Noroeste Fluminense se destaca das demais mesorregiões, por conter municípios com elevada probabilidade de serem atingidos por desastres do grupo hidrológico da COBRADE. Dos 13 (treze) municípios localizados no Noroeste Fluminense, 76,9% deles apresentam probabilidade “alta” de serem atingidos por desastres do grupo hidrológico, enquanto que para 23,1% dos municípios esta probabilidade é “muito alta”.

Na mesorregião Sul Fluminense (N=14), observa-se apenas municípios com probabilidade “baixa” (78,6%) ou “média” (21,4%) de serem atingidos por desastres do grupo hidrológico.

Discussão

Foi observado, do período 2015-2019, que a prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica foi quase três vezes maior na mesorregião Noroeste Fluminense em comparação à mesorregião Sul Fluminense. A mesorregião Noroeste Fluminense concentra os maiores índices de pobreza do Estado. No período de 1991 a 2012, foi a mesorregião do Estado mais afetada por inundações, com 33% das ocorrências de desastres dessa natureza; e quanto ao registro de enxurradas, o Noroeste

Fluminense vigorou em segundo lugar dentre as mais atingidas no Estado do Rio de Janeiro, com expressivos 20% do total de registros (CEPED, 2013).

Municípios com os menores percentuais de população residindo em domicílios com esgotamento sanitário adequado obtiveram maiores probabilidades de serem atingidos por desastres de origem hidrológica. Este resultado pode ser explicado considerando-se que a destinação do efluente esgoto à rede de coleta e transporte de águas pluviais, ocasiona sobrecarga a todo o sistema de drenagem (TUCCI, 2012). Azevedo *et al.* (2020) destacam que a não separação entre a rede de drenagem urbana e a rede de esgotamento sanitário, juntamente com a expansão urbana sem planejamento e o adensamento populacional, contribuem para a ocorrência de desastres de origem hidrológica.

No presente estudo, sete municípios apresentaram probabilidades muito altas de serem atingidos por eventos de origem hidrológica, considerando-se a mesorregião e o percentual de esgotamento sanitário adequado. Estes municípios são, em ordem decrescente de magnitude: Cambuci e Varre-Sai (Mesorregião Noroeste Fluminense), São José do Vale do Rio Preto (Mesorregião Metropolitana), Sumidouro (Mesorregião do Centro), São José de Ubá (Noroeste Fluminense), Trajano de Moraes (Centro) e Saquarema (Baixadas). Desta forma, entende-se como prioritário o atendimento a estas municipalidades, de modo a atenuar suas vulnerabilidades socioambientais a estes desastres, naturalmente não desconsiderando a atenção necessária aos demais municípios do Estado que obtiveram probabilidades “altas”, “médias” ou “baixas” de serem atingidos por desastres do grupo hidrológico.

Pode-se concluir que a maior prevalência de municípios atingidos por desastres de origem hidrológica na mesorregião Noroeste Fluminense e em municípios com menores percentuais de população residindo em domicílios com esgotamento sanitário adequado guarda correlação com deficiências estruturais e estruturantes de regiões do Estado menos desenvolvidas economicamente.

Este estudo possui como potencialidade a utilização de um critério objetivo, que permitiu a identificação e a classificação dos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro, conforme a magnitude de suas probabilidades estimadas de serem atingidos por desastres de origem hidrológica, o que possibilita subsidiar a formulação e a implementação de políticas públicas voltadas à prevenção de desastres dessa origem, de

modo a priorizar a alocação de recursos governamentais aos municípios com maiores probabilidades de serem atingidos, contribuindo, desta forma, para a redução dos riscos e desastres.

Como limitação do estudo, pode-se apontar a eventual não inserção de dados no S2iD pelos representantes das municipalidades, subdimensionando o real quadro dos desastres de origem hidrológica, efetivamente ocorridos nos municípios no período 2015-2019. Devido a não disponibilidade de indicadores desagregados em nível municipal, no período de interesse, levou-se a necessidade de utilização de indicadores municipais apurados mais próximos ao período 2015-2019, por instituições governamentais, predominantemente os provenientes do último Censo Demográfico do IBGE.

Os desastres de origem hidrológica recebem influência de ampla gama de fatores, tais como: relevo, precipitação, ocupação e uso do solo, além da ação antrópica. Desta forma, a tamanha transversalidade dos elementos envolvidos colabora para a impossibilidade de se identificar objetiva relação causal entre os indicadores municipais e o desfecho da ocorrência de desastres.

Do estudo efetuado, conclui-se, também, ser fundamental a implementação de um plano de desenvolvimento estratégico de longo prazo visando definir prioridades de desenvolvimento das cidades. É imperioso o cumprimento da Lei Orgânica, dos Planos Diretores, da Lei de Uso e Ocupação do Solo e do Zoneamento Ambiental dos Municípios. Destaca-se, ainda, a necessidade de atendimento ao Estatuto da Cidade, que estabelece diretrizes gerais da política urbana. A oferta de novas oportunidades habitacionais, mediante subsídios, constituiria medida atenuadora do processo informal de urbanização, reduzindo cenários de risco e de vulnerabilidade urbana.

Bibliografia

AZEVEDO, Deborah Chein Bueno; TOLEDO, Graziella Araújo; COHEN, Simone Cynamon; KLIGERMAN, Débora Cynamon; CARDOSO, Telma Abdalla Oliveira. Desastre de Brumadinho: contribuições para políticas públicas e gestão do saneamento em períodos emergenciais. *Saúde Debate*. Rio de Janeiro. v. 44. n. 124. p. 221- 233. Jan- mar, 2020.

BAENINGER, Rosana. População e Cidades: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais. Campinas-SP: Núcleo de Estudos de População - Nepo/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2010.

BARROS AJ, HIRAKATA VN. Alternatives for logistic regression in cross-sectional studies: an empirical comparison of models that directly estimate the prevalence ratio. BMC Med Res Methodol. Outubro, 2003. 3:21.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 02, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2016. – MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Disponível em: < <https://bitlybr.com/ulSosR>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

_____. LEI nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Disponível em: < <https://bitlybr.com/4FY3HF8> >. Acesso em: 02 dez. 2019.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres, 1998, 5ª Edição. Disponível em: < <https://bitlybr.com/XoPku4> >. Acesso em: 03 dez. 2019.

COUTINHO, Letícia M. S.; SCAZUFCA, Marcia; MENEZES, Paulo R. Métodos para Estimar Razão de Prevalência em Estudos de Corte Transversal. Revista Saúde Pública (online). v.42, n.6, 2008, p.992–998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v42n6/7118.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2020.

FARAWAY, JULIAN J. Extending the Linear Model With R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Cidades. Rio de Janeiro. Disponível em: < <https://bitlybr.com/HcR4> >. Acesso em: 09 dez. 2019.

_____. Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas. Disponível em: < <https://bitlybr.com/4pmjA> >. Acesso em: 09 mar. 2020.

_____. Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas. Disponível em: < <https://bitlybr.com/VWxQ7>>. Acesso em: 09 mai. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - MDR. Disponível em: <<http://www.mdr.gov.br/protecao-e-defesa-civil>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

_____. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD). Disponível em: <<https://bitlybr.com/qHIA>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL- CPRM. Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. Disponível em: <<https://bitlybr.com/vsATt3Y>>. Acesso em: 03 fev. 2020.

_____. Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. Disponível em: <<https://bitlybr.com/3dFr>>. Acesso em: 03 fev. 2020.

TUCCI, Carlos E. M.. Gestão da Drenagem Urbana. Textos para Discussão - CEPAL – IPEA. Brasília, DF, 2012.

UNISDR – UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030. Disponível em: <<https://bitlybr.com/0n7a4MQb>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012. Volume Rio de Janeiro. Florianópolis. CEPED - UFSC, 2013. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

ZOU G. A modified Poisson regression approach to prospective studies with binary data. Am J Epidemiol. Abril, 2004. 159(7):702-6.