



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

---

EMANUELE PEREIRA DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO  
DE SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO – RJ**

Seropédica  
2023

EMANUELE PEREIRA DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DE ÁREAS SUSCETIVEIS A INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE SÃO  
JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO - RJ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Alessandra Carreiro  
Baptista

Seropédica  
2023

## TERMO DE APROVAÇÃO

EMANUELE PEREIRA DE SOUZA

AVALIAÇÃO DE ÁREAS SUSCETIVEIS A INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE SÃO  
JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO - RJ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Trabalho aprovado em: 7 de Dezembro de 2023.



---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Alessandra Carreiro Baptista

---

Prof . Msc. Paulo Leoncio da Silva de Melo

---

Eng<sup>a</sup> Vitória Côrtes da Silva Souza de Oliveira

Seropédica

2023

Eu dedico este trabalho a Deus que sempre esteve ao meu lado, a minha mãe Maria que infelizmente faleceu, mas que ficaria orgulhosa em ver este trabalho, a meu irmão Felipe que por circunstâncias da vida se encontra desaparecido e não poderá compartilhar deste momento comigo.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me conceder a oportunidade de entrar em uma faculdade federal, por me proporcionar saúde e sabedoria. Ao meu pai, Elias por não medir esforços para me manter na faculdade, pela sua paciência e amor.

A minha irmã Eliene por me incentivar e acreditar em mim, ao meu Cunhado Fernando por todo apoio e amor. Não poderia deixar de agradecer também ao meu companheiro Marllus por acreditar no meu potencial e me dar o maior presente e incentivo, minha filha Maria.

Aos familiares, que sempre acreditaram em mim, me incentivaram e continuam a me incentivar. Aos meus amigos Leonardo, Maria, Catherine, Alexandre, Diogo, Rodrigo, Francisco, Priscila, Nathan, Lucas, Luciano, Karina, minha sogra Márcia, meu sogro Marcelo pelo companheirismo na graduação e incentivo, aos meus demais colegas de curso que me acompanharam nessa trajetória, aos meus amigos de infância Sarah, Renata, Leiziellem e Tiago pelo amor, carinho, compreensão e acolhimento.

À minha orientadora, Dra. Alessandra Carreiro Baptista, por todo incentivo, dedicação e disposição em passar conhecimento. À minha banca Msc. Paulo Leoncio e a Engenheira Vitória Côrtes, por aceitarem fazer parte da minha banca e desse momento tão sonhado. À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e aos professores do Departamento de Engenharia, Aos professores do curso de Agrimensura e Cartográfica, pela oportunidade de aprendizado.

A natureza nunca nos engana; somos sempre nós que nos enganamos.  
*Jean-Jacques Rousseau*

SOUZA, Emanuele Pereira. **AVALIAÇÃO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO, RIO DE JANEIRO**. 119 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Departamento de Engenharia, Universidade Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2023

## RESUMO

As inundações são umas das maiores causas de desastres pelo mundo, ameaçam muitas regiões em decorrência da urbanização sem planejamento, entre outros fatores. Os estudos com análises espaciais são ferramentas que proporcionam estimativas e orientam o desenvolvimento da sociedade. Esse trabalho teve como objetivos mapear as áreas suscetíveis a inundações no município de São José do Vale do Rio do Preto – RJ, utilizando o Sistema de Informação Geográfica – SIG, identificar, ao longo do tempo, as mudanças no uso e cobertura do solo e propor locais para a alocação de parques lineares como medida de controle não estrutural. A metodologia adotada envolveu uma comparação do uso e cobertura do solo abrangendo diferentes períodos: 2001; 2011 e 2021, para verificação da mancha urbana. O mapeamento da suscetibilidade para o município foi desenvolvido a partir de um conjunto de dados geográficos preexistentes. Essas informações foram analisadas e classificadas como fatores (declividade, morfologia, uso e cobertura do solo e distância da hidrografia) para o processo da Análise Multicritério. Os fatores foram padronizados a uma escala *fuzzy* de suscetibilidade e os cenários de suscetibilidade à inundações foram obtidos utilizando-se o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), na escala de 1: 50.000. As regiões de maior suscetibilidade à inundações, dispostas ao longo dos rios, foram delimitadas como proposta para a construção de parques lineares. Os resultados demonstram que a análise de uso e cobertura do solo houve mudanças ao longo do tempo, como o crescimento de 0,38% em áreas urbanizadas, regresso de 1,57% em florestas, crescimento de 2,85% nas áreas com agropecuária. Tais mudanças refletem as transformações mais significativas para o município. Na análise de suscetibilidade alguns núcleos urbanos estão localizados em áreas de alta suscetibilidade à inundações, visto que a urbanização está concentrada entorno dos trechos de drenagem. Dessa forma, a proposição dos parques lineares poderá acarretar uma melhoria das condições ambientais, resultando na redução dos riscos de inundações, esta avaliação chegou à proposição de 8 locais com alto risco de inundações, indicados para construção destes parques como medida de controle, com áreas que variam de 10 a 98,25 hectares. Diante do exposto, a análise multicritério se mostrou um recurso útil como ferramenta de apoio à gestão territorial e de recursos públicos, o mapa de suscetibilidade a inundações apresentou 77% de áreas com baixa suscetibilidade, 20% com média e 3% com alta, contudo a região urbanizada do município concentra-se nas áreas mais suscetíveis a inundações, logo essa suscetibilidade atinge diretamente a população. Dessa forma a elaboração de cenários pode auxiliar o gestor em sua tomada de decisão, além de auxiliar o município na sua preparação frente os impactos ambientais gerados.

Palavras-chave: SIG, análise multicritério, parques lineares.

SOUZA, Emanuele Pereira. **ASSESSMENT OF FLOOD-PRONE AREAS IN THE MUNICIPALITY OF SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO, RIO DE JANEIRO**. 119 p. Course Completion Work (Graduation in Surveying and Cartographic Engineering) – Department of Engineering, Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, 2023.

## ABSTRACT

Floods are one of the biggest causes of disasters around the world, they threaten many regions because of unplanned urbanization, and other factors. Studies with spatial analysis are tools that provide estimates and guide the development of society. Currently, there is a growing need to integrate flood susceptibility risk management strategies with territorial planning, with the aim of preventing major disasters. The main objective of this study was to map areas susceptible to flooding in the Municipality of São José do Vale do Rio do Preto – Rio de Janeiro, using the Geographic Information System – GIS, identify, over time, changes in land cover and land use, propose locations for the allocation of linear parks as a non-structural control measure. The adopted methodology involved a comparison of land use and land cover over different periods: 2001, 2011, and 2021, to verify the urban area. The susceptibility mapping for the municipality was developed based on a set of pre-existing geographic data. These pieces of information were analyzed and classified as factors (slope, morphology, land use, land cover, and distance from water bodies) for the Multicriteria Analysis process. The factors were standardized on a fuzzy susceptibility scale, and flood susceptibility scenarios were obtained using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method at a 1:50,000 scale. Regions with higher susceptibility to flooding, situated along rivers, were delineated as a proposal for the construction of linear parks. The results demonstrate that the analysis of land use and land cover has undergone changes over time, such as a 0.38% growth in urbanized areas, a 1.57% reduction in forests, and a 2.85% increase in agricultural areas. These changes reflect the most significant transformations for the municipality. In the susceptibility analysis, some urban centers are in areas highly susceptible to flooding, as urbanization is concentrated around drainage channels. Therefore, the proposal of linear parks could lead to an improvement in environmental conditions, resulting in a reduction of flood risks. This evaluation identified eight locations with a high risk of flooding, recommended for the construction of these parks as a control measure, with areas ranging from 10 to 98.25 hectares. Considering the above, multicriteria analysis proved to be a useful resource as a tool to support territorial and public resource management. The flood susceptibility map showed 77% of areas with low susceptibility, 20% with medium susceptibility, and 3% with high susceptibility, however the urbanized region of the municipality is concentrated in the areas most susceptible to flooding, directly affecting the population. Thus, scenario development can assist decision-makers and help the municipality prepare for environmental impacts.

Keywords: GIS, multicriteria analysis, linear parks.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Ilustração dos processos de enchentes, inundações e alagamentos. ....  | 18 |
| Figura 2 - Representação de Parques Lineares e seus benefícios a sociedade.....   | 24 |
| Figura 3 - O Parque Linear Emerald Necklace em Boston.....  | 24 |
| Figura 4 - Jardins de chuva implementados em Belo Horizonte. ....   | 26 |
| Figura 5 - Áreas Urbanas e os benefícios das Soluções Baseadas na Natureza. ....  | 27 |
| Figura 6 - Implementação de parques fluviais.....   | 28 |
| Figura 7 - Parques lineares em áreas urbanas por macrorregião, seus municípios e capitais. ....                           | 29 |
| Figura 8 - Comunicação do Cartógrafo com o usuário.....   | 33 |
| Figura 9 - Tipos de Cartas Geotécnicas.....   | 35 |
| Figura 10 - Decomposição do problema numa estrutura hierárquica.....  | 36 |
| Figura 11 - Mapa com divisão política-administrativa do Rio de Janeiro e região atingida pelo desastre de 2011. ....      | 40 |
| Figura 12 - Mapa de Localização de São José do Vale do Rio Preto. ....  | 43 |
| Figura 13 - Fluxograma com as etapas da metodologia ....  | 46 |
| Figura 14 - Vista transversal da correção de uma depressão espúria ....   | 48 |
| Figura 15 - Mapa do Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado. ....                                       | 49 |
| Figura 16 - Tipos de Curvaturas.....  | 50 |
| Figura 17 – Alterações no uso e cobertura do solo nos anos de 2001; 2011 e 2021 em São José do Vale do Rio Preto, RJ..... | 58 |
| Figura 18 -. Mapa de declividade de São José do Vale do Rio Preto ....  | 63 |
| Figura 19 -. Mapa do fator declividade gerado.....  | 63 |
| Figura 20 -. Mapa da Morfologia de São José do Vale do Rio Preto.....   | 64 |
| Figura 21 -. Mapa do fator morfologia gerado.....   | 66 |
| Figura 22 -. Mapa de uso e cobertura do solo de São José do Vale do Rio Preto ....  | 68 |
| Figura 23 -. Mapa do fator uso e cobertura do solo.....   | 68 |
| Figura 24 -. Mapa da distância da hidrografia ....  | 69 |
| Figura 25 -. Mapa do fator distância da hidrografia gerado.....   | 70 |
| Figura 26 -. Mapa de suscetibilidade a inundações ....  | 72 |
| Figura 27 -. Mapa com classes de suscetibilidade a inundações.....  | 73 |
| Figura 28 -. Mapa com áreas propícias para construção de parques lineares.....  | 76 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1- Distribuição dos desastres (temperaturas extremas, inundações, escorregamento de terre, tempestades e incêndios) em relação ao número de ocorrências, vítimas fatais e perdas econômicas, em nível mundial, entre os anos de 1970 e 2019. .... | 16 |
| Gráfico 2 - Suscetibilidade de acordo com as classes de declividade e suas representações em porcentagem.....   | 63 |
| Gráfico 3 - Suscetibilidade de acordo com as classes de morfologia e suas representações em porcentagem.....  | 66 |
| Gráfico 4 - Suscetibilidade de acordo com as classes de uso e cobertura do solo e suas representações em porcentagem. ....  | 68 |
| Gráfico 5 - Suscetibilidade de acordo com as classes de inundações e suas representações em porcentagem.....  | 72 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 - Conceituação de eventos hidrológicos.....  | 17 |
| Quadro 2 - Características das medidas estruturais. ....  | 21 |
| Quadro 3 - Iniciativas de Soluções Baseada na Natureza em território nacional. ....   | 23 |
| Quadro 4 - Atributos dos parques lineares e seus desafios em áreas urbanizadas. .   | 25 |
| Quadro 5 -Parques Lineares Construídos no Brasil entre 2016 e 2023. ....  | 30 |
| Quadro 6 - Pesquisas mais recentes com o método da análise multicritério e sua aplicação na análise de áreas com suscetibilidade de inundações..... | 38 |
| Quadro 7 - Classes morfológicas com valores na escala fuzzy. ....   | 52 |
| Quadro 8 - Classes de declividade na escala fuzzy. ....   | 52 |
| Quadro 9 - Classes de uso e cobertura do solo na escala fuzzy.....  | 52 |
| Quadro 10 - Pesos comparativos para a matriz AHP.....   | 53 |
| Quadro 11 - Importância relativa entre os fatores. ....   | 54 |
| Quadro 12 - Peso atribuídos aos fatores.....  | 55 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Classes de Declividade. ....  | 49 |
| Tabela 2 - Classes de Uso e Cobertura do Solo, em 2022. ....                                   | 51 |
| Tabela 3 - Valores tabelados de IR em relação ao número de variáveis ....                      | 55 |
| Tabela 4 - Áreas ocupadas de acordo com suas classes no ano de 2001. ....                      | 58 |
| Tabela 5 - Áreas ocupadas de acordo com suas classes no ano de 2011. ....                      | 59 |
| Tabela 6 - Áreas ocupadas de acordo com suas classes no ano de 2021. ....                      | 60 |
| Tabela 7 - Suscetibilidade de acordo com as classes de declividade. ....                       | 61 |
| Tabela 8 - Suscetibilidade de acordo com a curvatura. ....                                     | 64 |
| Tabela 9 - Suscetibilidade do uso e cobertura do solo em classes. ....                         | 66 |
| Tabela 10 - Suscetibilidade de acordo com as classes de inundação. ....                        | 71 |
| Tabela 11 - Possíveis locais para a construção de parques lineares e suas áreas em<br>ha. .... | 75 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |  |
|---------|--|
| AHP     | - Processo Analítico Hierárquico   |
| APP     | - Área de Proteção Permanente  |
| CEMADEN | - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais                               |
| CENAD   | - Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos de Desastres  |
| CEPERJ  | - Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro |
| CGEE    | - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  |
| CNM     | - Confederação Nacional de Municípios  |
| COBRADE | - Classificação e Codificação Brasileira de desastres  |
| COP25   | - Cúpula do Clima na sua 25ª Conferência   |
| CPRM    | - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais   |
| CRED    | - <i>Centre for Research on the Epidemiology of Disasters</i>                                    |
| EM-DAT  | - <i>Emergency Events Database</i>   |
| ESRI    | - <i>Environmental Systems Research Institute</i>  |
| EU      | - União Europeia   |
| FUNCAP  | - Fundo Especial para Calamidades Públicas   |
| IBGE    | - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  |
| INEA    | - Instituto Estadual do Ambiente   |
| INPE    | - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.   |
| MCR2030 | - <i>Making Cities Resilient</i>   |

|           |   |
|-----------|---|
| MDE       | - Modelo Digital de Elevação                                      |
| MDEHC     | - Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado       |
| MDR       | - Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional          |
| OMM       | - Organização Meteorológica Mundial                               |
| OMS       | - Organização Mundial da Saúde                                    |
| ONU       | - Organização das Nações Unidas                                   |
| PDM-SJVRP | - Plano de Diagnóstico Municipal de São José do Vale do Rio Preto |
| PLANCON   | - Plano de Contingência Municipal                                 |
| RC        | - Razão de Consistência (RC - Consistency Ratio)                  |
| S2ID      | - Sistema de Integrado de Informações sobre Desastres             |
| SEDEC     | - Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil                  |
| SHP       | - <i>Shapefile</i>  |
| SIG       | - Sistemas de Informações Geográficas                             |
| SINDEC    | - Sistema Nacional de Defesa Civil                                |
| SJVRP     | - São José do Vale do Rio Preto                                   |
| SMOBI     | - Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura                  |
| SMPU      | - Secretaria Municipal de Política Urbana                         |
| SNB       | - Soluções Baseadas na Natureza                                   |
| SNIS      | - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento                |
| SUDECAP   | - Superintendência de Desenvolvimento da Capital                  |
| UNDP      | - Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento               |

- UNDRR - Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos
- UN-OCHA - Escritório das Nações Unidas para a Coordenação de Assuntos Humanitários
- WHO* - *World Health Organization*
- WLC* - *Combinação Linear Ponderada (WLC - Weighted Linear Combination)*
- WRI* - *World Resources Institute*

## LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>9</b>  |
| 1.1      | CONTEXTUALIZAÇÃO .....  | 9         |
| 1.2      | OBJETIVOS .....   | 11        |
| 1.1.1    | Objetivo geral .....  | 11        |
| 1.1.2    | Objetivos específicos.....  | 11        |
| 1.3      | JUSTIFICATIVA.....  | 11        |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....  | <b>13</b> |
| 2.1      | DESASTRES.....  | 13        |
| 2.2      | INUNDAÇÕES .....  | 16        |
| 2.3      | MEDIDAS DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES .....   | 20        |
| 2.4      | A CARTOGRAFIA NA ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE .....   | 32        |
| 2.5      | ANÁLISE MULTICRITÉRIO .....   | 35        |
| 2.6      | ORDENAMENTO TERRITORIAL.....  | 38        |
| 2.7      | POLÍTICAS PÚBLICAS .....  | 40        |
| <b>3</b> | <b>MATERIAL E MÉTODO</b> .....  | <b>43</b> |
| 3.1      | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....  | 43        |
| 3.2      | MATERIAL UTILIZADO .....  | 45        |
| 3.3      | MÉTODO.....   | 46        |
| 3.3.1.   | Uso e Cobertura do Solo no Município.....   | 47        |
| 3.3.2    | Elaboração dos Fatores .....  | 48        |
| 3.3.3    | Padronização dos Fatores.....   | 51        |
| 3.3.4    | Agregação dos Fatores .....   | 53        |
| 3.3.5    | Elaboração do Mapa de Suscetibilidade a Inundação.....  | 56        |
| 3.3.6    | Proposição de Locais para Construção de Parques Lineares.....                                   | 56        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....   | <b>58</b> |
| 4.1      | USO E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO.....   | 58        |
| 4.2      | CONJUNTO DE DADOS GEOGRÁFICOS E FATORES QUE INFLUENCIAM<br>A SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÕES ..... | 62        |
| 4.2.1    | Declividade.....  | 62        |
| 4.2.2    | Morfologia.....   | 66        |
| 4.2.3    | Uso e Cobertura do Solo .....   | 69        |
| 4.2.4    | Distância da Hidrografia .....  | 72        |
| 4.3      | SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES.....   | 74        |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 4.4 | PROPOSIÇÃO DE LOCAIS PARA CONSTRUÇÃO DE PARQUES LINEARES                       | 78  |
| 6   | CONSIDERAÇÕES FINAIS   | 81  |
|     | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | 84  |
|     | APÊNDICE A - MAPA DO MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO<br>HIDROLOGICAMENTE CONSISTIDO | 93  |
|     | APÊNDICE B - MAPA DO USO E COBERTURA DO SOLO (MAPBIOMAS)...                    | 94  |
|     | APÊNDICE C - MAPA DA DECLIVIDADE   | 95  |
|     | APÊNDICE D - MAPA DO FATOR DECLIVIDADE   | 96  |
|     | APÊNDICE E - MAPA DA MORFOLOGIA  | 97  |
|     | APÊNDICE F - MAPA DO FATOR MORFOLOGIA  | 98  |
|     | APÊNDICE G - MAPA DE USO E COBERTURA DO SOLO (ESRI)                            | 99  |
|     | APÊNDICE H - MAPA DO FATOR USO E COBERTURA DO SOLO (ESRI)...                   | 100 |
|     | APÊNDICE I - MAPA DA DISTÂNCIA DA HIDROGRAFIA                                  | 101 |
|     | APÊNDICE J - MAPA DO FATOR DISTÂNCIA DA HIDROGRAFIA                            | 102 |
|     | APÊNDICE K - MAPA DE SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES                              | 103 |
|     | APÊNDICE L - MAPA CLASSES DE SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES...                   | 104 |
|     | APÊNDICE M - MAPA DE ÁREAS PARA PARQUES LINEARES                               | 105 |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

No ano de 2011 ocorreu o chamado “Mega desastre na Região Serrana do Rio de Janeiro” conforme Viana (2016), chuvas intensas, em curto período, associadas a volumes altos de chuvas no mês anterior, resultaram em impactos jamais antes registrados no Brasil. Este desastre se tornou um marco nas políticas públicas de defesa e proteção civil no país, evidenciando reflexões sobre uso e ocupação do solo e prevenção contra desastres.

Em 2012, o Banco Mundial, com o apoio do Estado do Rio de Janeiro, elaborou um relatório que apontou a recorrência de eventos climáticos extremos nas regiões afetadas. O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais registrou sete municípios que decretaram estado de calamidade pública: Areal, Bom Jardim, Nova Friburgo, São José do Vale do Rio Preto<sup>1</sup>, Sumidouro, Petrópolis e Teresópolis. Embora outros municípios também tenham sido impactados, estes foram os que solicitaram ajuda de forma oficial.

Com este mega desastre e seu amplo debate e repercussão mundial, uma nova Política Nacional de Proteção de Defesa Civil foi constituída pela (Lei nº12.608/2012) a qual trata os riscos de desastres de forma mais integrada com outras políticas como: habitação, meio ambiente, gestão territorial e recursos hídricos. Foram realizados investimentos para ações e programas voltados para recuperação, resposta e prevenção de desastres. Além de no âmbito Federal a criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais - CEMADEN e a ampliação do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos de Desastres - CENAD.

Atualmente, houve um aumento de danos causados por desastres em todo o mundo, danos estes humanos, ambientais e materiais, de acordo com o relatório elaborado pela Organização Meteorológica Mundial - OMM e divulgado pela Organização das Nações Unidas - ONU para a Redução do Risco de Desastres (2021). Para tentar minimizar esse crescente e acentuado aumento de desastres iniciativas surgiram, visando entender suas causas, elaborar políticas efetivas e financiar ações de prevenção. Pode-se destacar o Marco de Ação de Hyogo (2005-

---

<sup>1</sup> O município de São José do Vale do Rio Preto, será mencionado neste trabalho com a sigla SJVRP.

2015) e o Marco de Sendai (2015-2030), estes marcos auxiliam na integração de políticas e setores governamentais, bem como na inovação de ideias e ações voltadas para prevenção de desastres.

Desastres relacionados a inundações, sejam eles de elevada ou baixa magnitude, representam uma problemática de proporções globais, que vem sendo debatida em diversos países. Com o crescente número de desastres causados por inundações, torna-se evidente a importância do mapeamento desses eventos. O conhecimento detalhado das áreas propensas a inundação é fundamental para a implementação de estratégias de prevenção e resposta eficazes, visando minimizar os impactos desses eventos à sociedade

A suscetibilidade às inundações é uma preocupação crescente em áreas urbanas, especialmente devido aos impactos das mudanças climáticas e ao crescimento irregular das cidades (FERREIRA, 2022). Portanto, é essencial desenvolver métodos eficientes para identificar áreas de alto risco e implementar medidas de prevenção e mitigação. Neste trabalho, são considerados diversos critérios, como topografia, uso e cobertura do solo, drenagem e histórico de inundações, a fim de fornecer uma avaliação abrangente da suscetibilidade às inundações no município de São José do Vale do Rio Preto – SJVRP.

Assim, o presente trabalho adota uma abordagem metodológica que integra diversos fatores do meio físico que desencadeiam os processos geológicos, apoiada no uso de um (SIG). Nesse contexto, o tratamento das informações é realizado por meio de uma análise hierárquica dos processos, levando em consideração critérios múltiplos e utilizando métodos matemáticos para embasar os julgamentos. Essa abordagem permite uma compreensão mais aprofundada dos processos geológicos e contribui para a tomada de decisões embasadas em dados confiáveis.

O mapeamento das áreas com potencial para inundação permite identificar locais suscetíveis e auxilia na tomada de decisões para o planejamento urbano, como a definição de áreas de preservação ambiental e a adoção de medidas de drenagem e contenção de água. Além disso, o mapeamento também é essencial para a elaboração de planos de evacuação e o direcionamento adequado de recursos e equipes de resgate durante emergências. Portanto, investir em tecnologias de mapeamento e monitoramento das áreas suscetíveis a inundações é uma ação fundamental para a gestão de riscos e a proteção da população, sendo essencial a

colaboração entre os setores público e privado para garantir a efetividade dessas medidas.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal a avaliação da suscetibilidade às inundações no município de SJVRP, utilizando uma abordagem baseada em análise multicritério realizada em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica – SIG.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Elaborar um conjunto de dados geográficos contendo o meio físico e ambiental para o município;
- Elencar os fatores importantes que afetam a suscetibilidade à inundações;
- Elaborar o mapa de suscetibilidade à inundação para o município;
- Comparar mapas de diferentes períodos de uso e ocupação do solo para verificação da mancha urbana; e
- Propor locais para a alocação de parques lineares.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Anualmente, milhões de pessoas, ao redor do mundo, são vítimas de desastres ocasionados por diversos fenômenos climáticos (OMM, 2021). De acordo com Sausen e Narvaes (2013) e Paulo (2019), dentre as diferentes tipologias de desastres, as inundações são aquelas de maior frequência, afetando cidades de pequeno, médio e grande porte, como é o caso do estado do Rio de Janeiro, onde esse fenômeno é frequente em alguns municípios, principalmente nos meses de verão.

Eventos como inundações e deslizamentos são tipologias recorrentes na região serrana do Rio de Janeiro devido a suas características geológicas, clima e ocupações irregulares do solo urbano. De acordo com o relatório elaborado pelo Banco Mundial, com o apoio do Governo do estado do Rio de Janeiro, em novembro de 2012, após o desastre na região serrana, o Atlas Brasileiro dos Desastres Naturais destaca que entre 1991 e 2010, 42% dos registros de desastres naturais (625 no total) correspondem a fenômenos naturais de inundações e movimentos de massa (BANCO MUNDIAL, 2012).

O município SJVRP sofreu com inundações, e os eventos de maior amplitude foram registrados em 2008, 2011 e 2016. Os danos causados pelas chuvas intensas se devem a inexistência ou pela ineficiência de políticas públicas referentes a desastres. Embora tenha tido avanços como a criação da Secretaria Municipal de Defesa Civil em SJVRP, ainda se faz necessário a sistematização de políticas públicas, integração e atualização dos dados referentes a áreas de risco.

O município de SJVRP de acordo com dados obtidos pelo IBGE em 2010 a população exposta a risco era de aproximadamente 3.881 pessoas. No estudo no diagnóstico para a elaboração do plano diretor em 2017 havia diversas áreas de risco de inundações e deslizamentos, associadas a declividade, cobertura vegetal e substrato geológico. Neste diagnóstico foram identificadas 60 locais como áreas de risco, em áreas com maior densidade demográfica de ocupação. Após este diagnóstico não foram disponibilizados dados mais recentes sobre medidas de controles aplicadas a estes locais e se há mudanças no número de locais diagnosticados como áreas de risco (IBGE, 2010).

Entender tais processos passa necessariamente pelo conhecimento dos elementos que constituem o meio físico já naturalmente frágil do município. Nesse contexto, destaca-se que este trabalho é importante em termos de identificação da suscetibilidade do meio físico às inundações, evidenciando a variação dela ao longo da área analisada. A (AHP) contribui para avaliação destas áreas suscetíveis de forma precisa com o apoio do (SIG), como será visto por autores no decorrer deste trabalho. Essa primeira estratégia detecta os fatores de degradação ambiental que podem contribuir para produzir perdas e danos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 DESASTRES

Em um primeiro momento os fenômenos de desastres estão relacionados em atmosféricos, geomorfológicos/geológicos, oceânicos, como: tsunamis, terremotos, erupções vulcânicas, secas, chuvas extremas e furacões (AMARAL; TOMINAGA; SANTORO, 2009).

A Instrução Normativa nº 36, de 04/12/2020, do Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR define desastres como sendo “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 e 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 Classificação e Codificação Brasileira de desastres – Cobrade (BRASIL, 2011) separa desastres em naturais e tecnológicos. No desastre natural estão inseridos os grupos geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climatológicos e biológicos, seus subgrupos, tipos e subtipos. No desastre tecnológico estão inseridos os grupos relacionados a substâncias radioativas, produtos perigosos, incêndios urbanos, obras civis, transporte de passageiros e cargas não perigosas.

A Instrução Normativa nº 36, de 04/12/2020, estabelece também critérios, bem como procedimentos para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública nos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal em estado de desastre. 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” (Brasil, 2020, p.03).

Ainda no âmbito da Política Nacional da Defesa Civil, as classificações de desastres são divididas segundo a intensidade, quanto a evolução e quanto a origem. Na intensidade subdivide-se em nível - pode ser de pequeno porte, nível II – médio

porte, nível III – grande porte, nível VI – muito grande porte. Na classificação quanto a evolução se divide em desastres súbitos ou de evolução aguda, desastres graduais de evolução crônica, desastres por somação de efeitos parciais. Na classificação quanto a origem divide-se em desastres naturais, desastres humanos e desastres mistos (CASTRO, 1998).

Também segundo Defesa Civil e da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2002) situação de emergência pode ser definido como sendo um reconhecimento por parte do poder público de uma situação incomum, provocada por desastres, com danos domináveis pela comunidade e a calamidade pública com sendo reconhecimento legal do poder público de um estado ou situação incomum, fomentado por um desastre, gerando danos sérios a população e a ao espaço social.

Freitas (2016) explica a intensidade de um desastre tido como natural é imediatamente relacionado a amplitude da ameaça ou perigo, bem como o grau de vulnerabilidade do conjunto afetado. A colocação do autor, torna-se necessário diferenciar a vulnerabilidade de suscetibilidade.

A suscetibilidade está correlacionada a condições físicas do meio, conforme Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento – UNDP (2004) e Sena (2023) ligado a probabilidade de um local ou área sofrer uma implicação provenientes de um evento natural. De acordo com Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos - UNDRR (2004) e Ornellas (2022) a vulnerabilidade está relacionada a sociedade, ao meio social, condições físicas do meio social, determinadas por fatores econômicos, agentes físicos e processos ambientais, ampliando a suscetibilidade da ocorrência de um acidente.

De acordo com o Kobiyama (2006) desastres são uma relação entre o homem e a natureza, ou seja, resultam de tentativas humanas para dominar a natureza, contudo na maioria das vezes acaba sendo derrotada, pois não há medidas para redução dos efeitos dos desastres aplicadas corretamente. Logo, parte da história da humanidade aconteceu em decorrência de desastres naturais, bem como os de grande magnitude.

No ano de 2011, a Organização Mundial da Saúde - OMS aprovou a resolução na *World Health Organization – WHO*<sup>2</sup>, *WHA64.101*<sup>3</sup>, onde ressalta a importância do fortalecimento de sistemas de serviços de saúde na gestão de desastres, de modo que não haja sobrecarga no funcionamento destes serviços em casos de desastres. Logo vieram outras resoluções, onde demonstram o reconhecimento da responsabilidade do setor de saúde com os desastres, ressaltam a necessidade de uma melhor preparação (FREITAS et al., 2020).

Segundo o *The Emergency International Disaster Database* (EM-DAT, 2019), *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED*<sup>4</sup> em 20 anos de (1998 – 2018), a categoria do desastre natural mais registrado foi o hidrológico, seguido do meteorológico, geofísico e biológico.

O atlas Mortalidade e Perdas Econômicas de Eventos Extremos de Tempo, Clima e Água, realizado pela Organização Meteorológica Mundial - OMM (2021), destaca que os desastres aumentaram cinco vezes ao longo de cinquenta anos, esse estudo aponta que as mudanças climáticas estão atreladas a este aumento.

Para Cerri e Amaral (1998) e Ornellas (2022) conceitos de eventos e riscos devem ser compreendidos para se interpretar uma análise de áreas suscetíveis a riscos de inundações. “Os eventos são fatos ocorridos que não geraram danos sociais e econômicos relacionados ao fato e riscos é a possibilidade de ocorrência de um acidente, já acidentes fato onde houve registro de consequência social.”

De acordo com relatório elaborado pelo Escritório das Nações Unidas para a Coordenação de Assuntos Humanitários - UN-OCHA (2020) o Brasil é um dos principais países no que se refere aos impactos causados por inundações. A ausência de planejamento urbano, uso e ocupação do solo irregular pelas comunidades, bem como saneamento precário em algumas regiões do país, torna agravante a situação. Ainda segundo o relatório no território nacional quase 70 milhões de pessoas foram

---

<sup>2</sup> Organização Mundial da Saúde - WHO é uma agência especializada em saúde, fundada em 1948 pela Organização das Nações Unidas e outros países, com sede na Suíça.

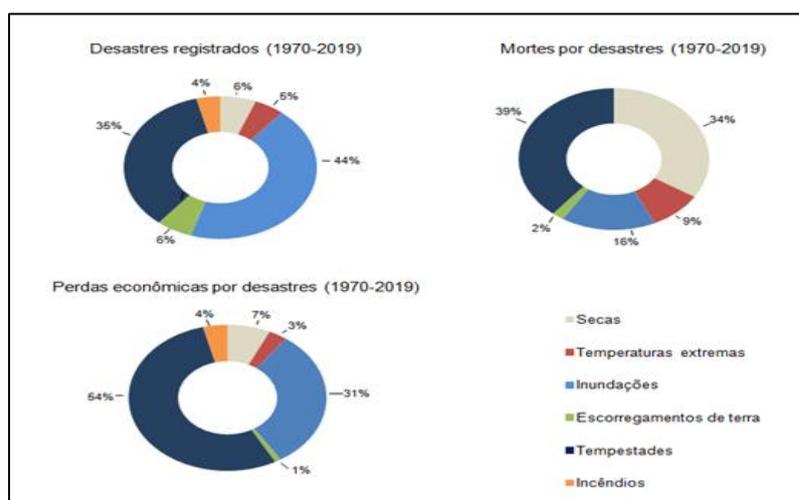
<sup>3</sup> Assembleia Mundial da Saúde sessenta e quatro - WHA64, são discutidas nestas assembleias resoluções e decisões sobre saúde a nível mundial. [https://apps.who.int/gb/e/e\\_wha64.html#resolutions](https://apps.who.int/gb/e/e_wha64.html#resolutions)

<sup>4</sup> Banco de dados global sobre ocorrências de desastres naturais Banco de Dados Internacional de Emergências sobre desastres - EM-DAT, mantido desde 1988 pelo Centro de Pesquisas em Epidemiologia e Desastres da Universidade Católica de Louvain – CRED na Bélgica. <https://www.emdat.be/>

afetadas com o fenômeno de inundações entre 2000 e 2019, o país se encontra entre os países com mais suscetibilidade a desastres deste tipo na América Latina.

O Gráfico 1 exemplifica os desastres de acordo com seu grupo (climatológicos, meteorológicos, hídricos e geológicos), mostra a porcentagem de registros, porcentagem de mortes e porcentagem de perdas econômicas entre 1970 e 2019, de acordo com cada grupo de risco de desastres. Os riscos climáticos, meteorológicos e hídricos em nível mundial, foram responsáveis por 50% de todos os desastres, 45% de todas as mortes e 74% de prejuízos econômicos. Em todo o mundo 44% dos desastres está associado a inundações.

Gráfico 1 - Distribuição dos desastres (temperaturas extremas, inundações, escorregamentos de terra, tempestades e incêndios) em relação ao número de ocorrências, vítimas fatais e perdas econômicas, em nível mundial, entre os anos de 1970 e 2019.



Fonte: OMM (2021) e Eduardo (2019).

## 2.2 INUNDAÇÕES

De acordo com Castro (1998) quando há uma drenagem deficiente em rios, mares, lagos e açudes, temos o transbordamento de água. Dessa forma de acordo com a magnitude da inundação, estas se classificam: normais, regulares, exponenciais, de grande magnitude, de pequena magnitude. De acordo com o padrão de evolução, podem ser classificadas como: inundações graduais ou enchentes, inundações bruscas ou enxurradas, inundações litorâneas ou alagamentos.

Segundo o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais do Rio de Janeiro (CEMADEN, 2013), Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil, em seu Plancon 2020-2021 (RIO DE JANEIRO, 2020a) - Plano de Contingência Municipal, Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2020b) e conforme a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), as inundações são definidas como a “submersão de áreas que estão além dos limites normais de um curso de água, em regiões que normalmente não ficam inundadas.” Ocorrendo transbordamento de forma gradual e é frequentemente causado por chuvas prolongadas (BRASIL, 2020).

Para aprimorar a compreensão torna-se necessário a explicação do que é um Plano de Contingência Municipal, de acordo com Castro (1998) é um projeto realizado para controlar e minimizar as consequências previsíveis de um desastre específico. De acordo com o Serviço Geológico do Brasil, a inundação 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” (BRASIL, 2014). Para Barros (2020) as inundações são um resultado da concentração de água em meio pluviométrico, ou seja, chuvas em excesso, onde ocasionam solo saturado, não são absorvidas pelo solo devido seu saturamento, impactando nos níveis dos corpos de água, influenciando de forma negativa aqueles que os margeia.

Historicamente, a humanidade se consolidou próximo às planícies dos rios conforme Marcelino (2008), visando assim garantir meios necessários para vida em civilização como: economia, saúde e educação. Definições no Quadro 1 para desastres hidrológicos, contendo inundações, enchentes, alagamentos e enxurradas.

Quadro 1 – Conceituação de eventos hidrológicos.

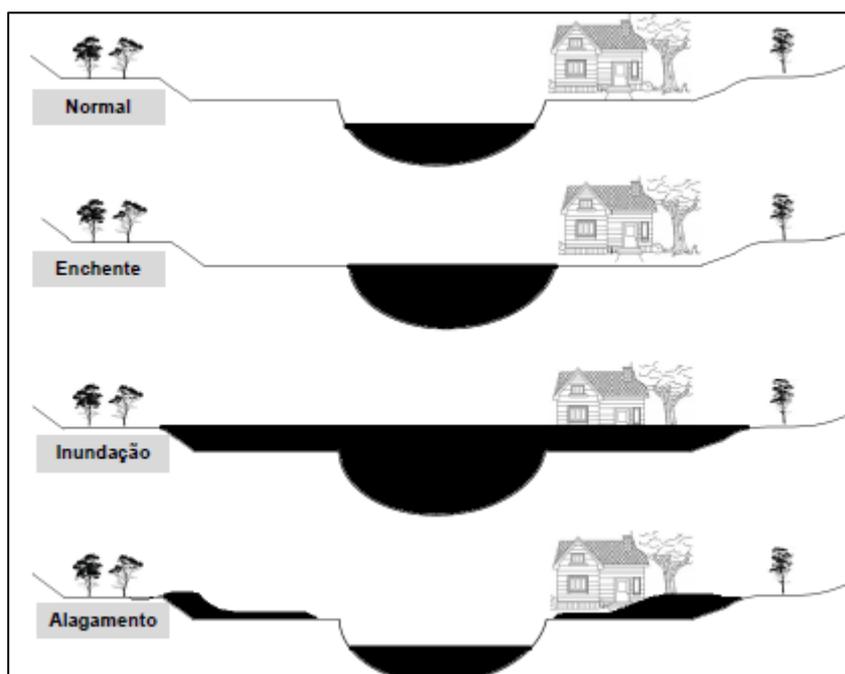
| <b>Eventos</b>     | <b>Definições (continua)</b>  |
|--------------------|---|
| Enchente ou cheias | Elevação temporária do nível d’água em um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga.   |
| Inundações         | Processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundações, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio. |
| Alagamentos        | Acúmulo momentâneo de água em uma dada área decorrente de deficiência do sistema de drenagem.   |

| Eventos    | Definições   |
|------------|--|
| Enxurradas | Escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte. |

Fonte: Oliveira (2023).

O termo “enchente” de uso popular, ainda é associado a inundações, contudo neste trabalho inundações serão tratadas como sendo transbordamento para áreas adjacentes, havendo assim um extravasamento das águas, para além do seu canal de drenagem, alcançando faixas marginais, caracterizadas como planícies de inundação. As enchentes como sendo elevação dos rios até a altura de suas margens (GOERL; KOBIYAMA, 2005). A Figura 1 ilustra os processos de enchentes, inundações e alagamentos.

Figura 1 - Ilustração dos processos de enchentes, inundações e alagamentos.



Fonte: Goerl; Kobiyama (2005).

Para Carneiro e Miguez (2011) os fatores que acarretam no aumento exponencial do risco a inundações são:

- a) Remoção da vegetação natural com vistas às edificações e construção de vias;

- b) Aumento das taxas de impermeabilização;
- c) Construção de redes de drenagem artificial;
- d) Ocupação de áreas ribeirinhas e planícies de inundação;
- e) Ocupação desordenada de encostas e favelização.

Segundo Viana (2016) interferências recíprocas de redes de infraestrutura (em locais que restringem o escoamento da água), disposição de resíduos sólidos em águas residuais, são uma contribuição ao risco de inundações. De acordo com Alcântara-Ayala (2002), a consciência da sociedade aos riscos naturais permite a elaboração de um modelo de prevenção melhor definido e organizado, uma formulação condizente de procedimentos, medidas adotadas com padrões, que visem um discernimento das comunidades aos fenômenos de riscos naturais, objetivando minimizar a vulnerabilidade aos processos naturais.

Desenvolver a consciência da sociedade, faz-se necessário para sua sobrevivência, sua aptidão em detectar e evitar condições de risco podem ser aprimoradas, podendo assim alterar sua exposição (SLOVIC,1987). Para Freitas et al. (2018) as condições socioeconômicas estão contrariamente relacionadas com a vulnerabilidade socioambiental das sociedades e seu desenvolvimento urbano. As populações que se encontram em condições precárias de vida, manifestam-se com uma capacidade reduzida de proteção aos riscos de desastres.

A lei 12.608/2012 instituída pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, tem por objetivo amparar a tomada de decisões assertivas com relação a políticas de prevenção de desastres e ordenamento territorial. São elaborados documentos pela SEDEC (BRASIL, 2021) onde podem ser disponibilizados aos municípios, alimentando um banco de dados compartilhado com responsáveis governamentais que monitoram e emitem alerta de desastres. São estes documentos: mapas de áreas de risco, relatórios técnicos, banco de dados vetoriais. Onde estarão atributos das áreas mapeadas.

De acordo com Sausen e Narvaes (2013), o recurso mais valioso da humanidade, são os corpos de água, sendo esses imprescindíveis para sobrevivência da sociedade.” Eles são fontes de abastecimento, irrigação e mesmo de fertilização

dos solos, como ocorre durante as cheias ao longo do rio Nilo, no Egito.” A sociedade se estabeleceu junto a corpos de águas, de acordo com a necessidade de seu uso.

Para melhor compreensão de inundações, faz-se necessário conhecer pontos da dinâmica fluvial e superfícies de inundações. Dessa forma para mencionar a vazão de escoamento superficial, para Jorge e Uehara (1998) relatam que as vazões são classificadas em vazões normais e vazões de cheia. “As vazões normais são aquelas que escoam com frequência no curso d’água, enquanto as vazões de cheia são as que excedem a capacidade normal das seções de escoamento ao ultrapassar um valor limite, o que pode provocar inundações.”

Segundo Eduardo (2022), a vazão está diretamente relacionada a velocidade de penetração de precipitações no solo, fator determinante para o escoamento das águas pluviais. A geometria da bacia de drenagem, depende também de características de solo, uso e cobertura do solo, declividade, umidade e estruturas biológicas. Conceitos como o de declividade e uso e cobertura do solo se fazem necessário para compreensão de análises realizadas na metodologia deste trabalho. De acordo com o Glossário da Defesa Civil (CASTRO, 1998) declividade é a inclinação de terreno em relação ao plano horizontal. O uso e ocupação do solo significa definir a forma geográfica com que este solo está sendo utilizado de acordo com a Lei de nº6.766 de 1979 onde a mesma estabelece normas relativas ao uso e ocupação do solo (Brasil, 1979).

Conforme Botelho (2011) fatores que contribuem para transbordamentos, além das precipitações são: substrato geológico, cobertura vegetal, cobertura pedológica, características do relevo e geometria do canal fluvial. Em áreas urbanizadas, estes fatores se acentuam devido a ações humanas.

### 2.3 MEDIDAS DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES

As medidas de controle têm por objetivo minimizar consequências de processos, contudo não é possível controlar totalmente os fenômenos de inundações, conforme destaca Tucci (2005) as medidas podem estar divididas em dois tipos: estruturais e não estruturais. Medidas estruturais transformam o sistema fluvial. Medidas não estruturais são tidas como ações de controle, integração de obras de engenharia e âmbitos sociais, econômicos e administrativos.

Para Carvalho (2017) as medidas estruturais são definidas como obras de engenharia com finalidade de minimizar enchentes, caracterizadas como extensivas ou intensivas. Nas extensivas o objetivo é diminuição da relação de precipitação e a vazão. Medidas estruturais conforme mostra o Quadro 2 e suas características.

Quadro 2 - Características das medidas estruturais

| <b>Medida</b>                          | <b>Vantagem</b>                                | <b>Desvantagem</b>                          | <b>Aplicação</b>                  |
|--|--|---|-----------------------------------|
| <b>Medidas extensivas</b>              |  |   |                                   |
| Cobertura vegetal                      | Redução do pico de cheias                      | Impraticável para grandes áreas             | Pequenas bacias                   |
| Controle de perda                      | Redução do assoreamento                        | Igual ao anterior                           | Pequenas bacias                   |
| <b>Medidas intensivas</b>              |  |   |                                   |
| Diques e polders                       | Alto grau de proteção de uma área              | Danos significativos caso falhe             | Grandes rios                      |
| <b>Melhorias do canal</b>              |  |   |                                   |
| Redução da rugosidade por desobstrução | Aumento da vazão com pouco investimento        | Efeito localizado                           | Pequenos rios                     |
| Corte de meandro                       | Amplia a área protegida e acelera o escoamento | Impacto negativo em rio com fundo aluvionar | Área de inundação estreita        |
| <b>Reservatórios</b>                   |  |   |                                   |
| Todos os reservatórios                 | Controle a jusante                             | Localização difícil                         | Bacias intermediárias             |
| Reservatórios com comportas            | Mais eficiente com o mesmo volume              | Vulnerável a erros humanos                  | Projetos de uso múltiplos         |
| Reservatórios para cheias              | Operação com o mínimo de rochas                | Custo não partilhado                        | Restrito ao controle de enchentes |
| <b>Mudança de canal</b>                |  |   |                                   |
| Caminhos da cheia                      | Amortecimento de volume                        | Depende da topografia                       | Grandes bacias                    |
| Desvio                                 | Reduz a vazão do canal principal               | Igual ao anterior                           | Bacias médias e bacias grandes    |

Fonte: Adaptado de Simons et al. (1977 apud Tucci, 2005) e Carvalho (2017).

Tratando de medidas intensivas Simons et al. (1977 apud Tucci, 2005) definem como sendo medidas de atuação direta no rio, com construções de diques,

reservatórios e bacias de amortecimento, bem como canais de desvios, obras com vista em aceleração ou desaceleração do escoamento e desvio do escoamento. As medidas não estruturais que visam a análise de áreas com riscos de inundações, implementação de zoneamento destas áreas por meio de regulação do uso e ocupação do solo e tratam como soluções: construções de à prova de enchentes, previsão, alerta de inundações e seguro de enchentes.

Visando estratégias para estes desastres recorrentes, foram desenvolvidas Soluções Baseadas na Natureza - SBN onde medidas de restauração, proteção, manejo dos ecossistemas são adotadas, com intuito de controlar desastres, beneficiar a biodiversidade e o bem-estar humano. Os desafios das SBN são: segurança alimentar, hídrica, mudanças climáticas, redução de riscos (CNM, 2022).

O conceito de Soluções Baseadas na Natureza surgiu na década de 2000 com destaque na União Europeia – EU tendo como proposta adaptação por conta de mudanças climáticas. Estas soluções são compreendidas como processos naturais que geram benefícios a sociedade, ao meio ambiente e a economia, são estratégias onde se utiliza a natureza para o desenvolvimento humano e econômico (NESSHOVER et al., 2017).

No ano de 2019, as SBN foram endossadas pela Cúpula do Clima, na sua 25ª Conferência – COP25, se tornando uma das nove estratégias prioritárias para o enfrentamento da emergência climática. Sendo pouco adotado no Brasil o conceito tem tido visibilidade internacional, sendo consolidado e suas estratégias têm se mostrando eficazes (FRAGA,2021).

De acordo com diversas pesquisas e projetos sobre SBN eles apontam que as SBN provocam invocações sociais, estimulando a sustentabilidade e o desenvolvimento do planejamento, tendo também governanças mais participativas (FRANTZESKAKI, 2019). O acordo de Paris em (2015) e Marco Sendai (2015) fazem menções ao conceito, destacando o objetivo de garantir a integridade de ecossistemas e a adaptação e proteção da vida humana (FAIVRE et al., 2017).

Documentos Brasileiros que abordam políticas públicas aderiram a SBN de acordo com uma análise realizada por Fraga (2021), apontou também desafios mencionados por instrumentos legais nacionais relacionados ao conceito de SBN. Conforme a Quadro 3, pode-se observar que boa parte das iniciativas estão voltadas para recursos hídricos. O potencial das SBN no Brasil se encontra mais próximo a desafios de segurança hídrica e conservação de recursos naturais.

Quadro 3 - Iniciativas de Soluções Baseada na Natureza em território nacional.

| <b>Iniciativas</b>   |
|--|
| Corredor ecológico   |
| Parque Linear  |
| Restauração de margens de rios                                       |
| Parques urbanos  |
| Recuperação de áreas degradadas com reflorestamento                  |
| Recuperação de nascentes urbanas                                     |
| Requalificação de bacias hidrográficas urbanas                       |
| Fitorremediação para despoluição de águas                            |
| Tratamento biológico de águas residuais                              |
| Alagados construídos   |
| Micro tratamento de águas residuais com biodigestor e áreas alagadas |
| Restauração de ecossistemas litorâneos/restinga                      |
| Jardins de chuva   |
| Floresta de bolso  |
| Agricultura urbana   |
| Teto verde de baixo custo  |

Fonte: Herzog; Rozado (2019) e Fraga (2021).

As SBN devem seguir especificidades territoriais em seu planejamento, a Confederação Nacional dos Municípios disponibiliza um catálogo elabora pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2020) onde explica ações e iniciativas sobre o tema. Para incentivar os municípios e acelerar estas soluções nas cidades. O WRI<sup>5</sup>, no Brasil, tem projetos onde escolhe ideias elaboradas por municípios que visem reduzir riscos, inclusão social e resiliência urbana, e os escolhidos recebem apoio técnico e financeiro.

As ações que podem vir a ser realizadas pelos municípios são: corredores ecológicos; hortas urbanas, gestão integrada em bacia hidrográfica; áreas verdes (praças, parques). Os parques lineares são um exemplo de solução que está sendo utilizado no Brasil e em outros países. O princípio é a recuperação de ambientes, sua função principal é recuperar área verdes e fornecer áreas de lazer a população. Estes

<sup>5</sup> Instituto de Recursos Mundiais – WRI é uma instituição global de pesquisa com atuação em mais de 50 países. <https://www.wribrasil.org.br/sobre>

parques são realizados em locais com rede hídrica, visando sua recuperação (CNM, 2022). A Figura 2 retrata como são os parques lineares e seus benefícios a sociedade.

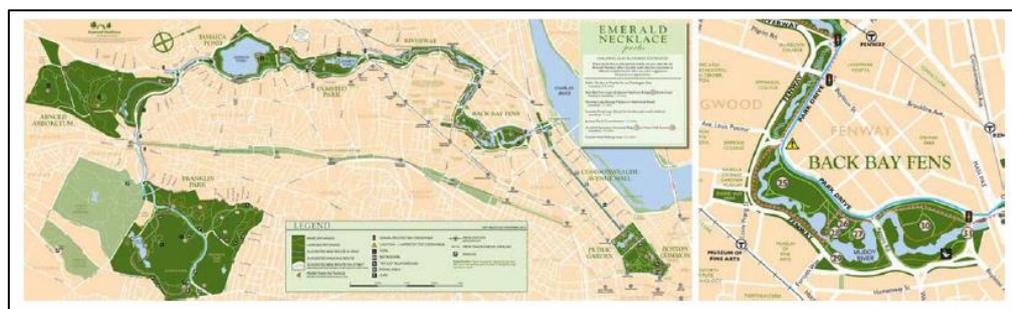
Figura 2 - Representação de Parques Lineares e seus benefícios a sociedade.



Fonte: Fundação Grupo Boticário (2020).

Surgiu o primeiro parque linear do mundo, tendo por nome *Emerald Necklace* (Figura 3), onde o mesmo ligava parques e assim gerava um sistema de áreas verdes. Os parques ligados eram: Franklin; Common e o Jardim Público de Boston (BONZI,2014).

Figura 3 - O Parque Linear Emerald Necklace em Boston.



Fonte: *Emerald Necklace Conservancy* (2020).

Foi no século XIX, em projetos na Alemanha, Estados Unidos e Inglaterra que surgiram os primeiros parques lineares, onde visavam uma urbanização verde, atrelado ao conceito de paisagem e conservação ambiental. Segundo Galender (2005) através de projetos urbanísticos o parque linear busca conectar espaços e a sociedade com a natureza. Para melhor compreensão e para se propor esta implantação

em áreas de intervenção urbana é necessário entender sua finalidade, possibilidades e limitações de acordo com a cidade (VALENTE, 2020). O Quadro 4 especifica alguns atributos de parques lineares e seus desafios em áreas urbanizadas.

Quadro 4 -Atributos dos parques lineares e seus desafios em áreas urbanizadas.

| Atributos dos parques lineares                             | Desafios das Bacias Hidrográficas Urbanizadas |                                 |                                       |   |                           |
|--|---|---------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------|
|  | Inundações                                    | Degradação da qualidade da água | Carência de espaços verdes e de lazer | Planejamento urbano inexistente/ inadequado | Impermeabilização do solo |
| Amortecimento de cheias                                    |   |                                 |                                       |   |                           |
| Proteção de zonas ribeirinhas contra ocupações irregulares |   |                                 |                                       |   |                           |
| Manutenção das áreas inundáveis                            |   |                                 |                                       |   |                           |
| Conservação e proteção dos recursos hídricos               |   |                                 |                                       |   |                           |
| Reservatório natural do escoamento superficial             |   |                                 |                                       |   |                           |
| Infiltração da água no solo                                |   |                                 |                                       |   |                           |
| Redução da vazão de pico                                   |   |                                 |                                       |   |                           |
| Corredores ecológicos                                      |   |                                 |                                       |   |                           |
| Lazer, cultura, contemplação e educação ambiental          |   |                                 |                                       |   |                           |
| Rotas de locomoção humana não motorizada                   |   |                                 |                                       |   |                           |

Fonte: Adaptado de Mayer, 2021.

"Áreas de Intervenção Urbana" são regiões do território com interesse especial para o desenvolvimento urbano, submetidas a projetos urbanísticos específicos. Essas áreas podem fazer uso dos instrumentos de intervenção previstos na Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade.

Os instrumentos incluem medidas para regularização fundiária, execução de programas e projetos habitacionais de interesse social, criação de reservas fundiárias, ordenamento e direcionamento da expansão urbana, implantação de equipamentos urbanos e comunitários, criação de espaços públicos de lazer e áreas verdes, bem como a instituição de unidades de conservação ou proteção de outras áreas de interesse ambiental. A Figura 4 representa jardins de chuva implementados em Belo Horizonte, Minas Gerais, demonstrando uma iniciativa de gerenciamento sustentável das águas pluviais na área urbana.

Figura 4 - Jardins de chuva implementados em Belo Horizonte.



Fonte: INEA (2015).

Em Belo Horizonte, foram implementados três jardins de chuva, localizados no Parque JK e no Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado. A cidade planeja a implementação de mais 60 jardins de chuva na Bacia do Córrego do Nado. Esse projeto foi elaborado com a Secretaria Municipal de Política Urbana (SMPU), Secretaria

Municipal de Obras e Infraestrutura (SMOBI) e pela Superintendência de Desenvolvimento da Capital (SUDECAP).

Conforme o Plano Diretor de Belo Horizonte de 2019, a cidade identificou 44 áreas com alto risco de inundação. Para lidar com essa situação, um dos desafios da política urbana é melhorar a permeabilidade do solo na área urbana. O plano prevê a criação de 930 km de conexões arborizadas entre áreas verdes, restauração dos cursos d'água, estabelecimento de parques lineares e priorização de pavimentos permeáveis, como parte das medidas para auxiliar no gerenciamento de drenagem urbana (WRI, 2022). A Figura 5 ilustra Soluções Baseadas na Natureza em áreas urbanas e seus benefícios.

Figura 5 - Áreas Urbanas e os benefícios das Soluções Baseadas na Natureza.



Fonte: Fundação Grupo Boticário (2020).

Visando prevenção e diminuição de inundações o INEA, também desenvolve projetos de controle de inundações, com objetivo de recuperar recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro. As ações vão desde estudos à implementação de projetos (INEA,2015). A Figura 6 retrata implementação de parques fluviais realizado pelo INEA.

Figura 6 - Implementação de parques fluviais.

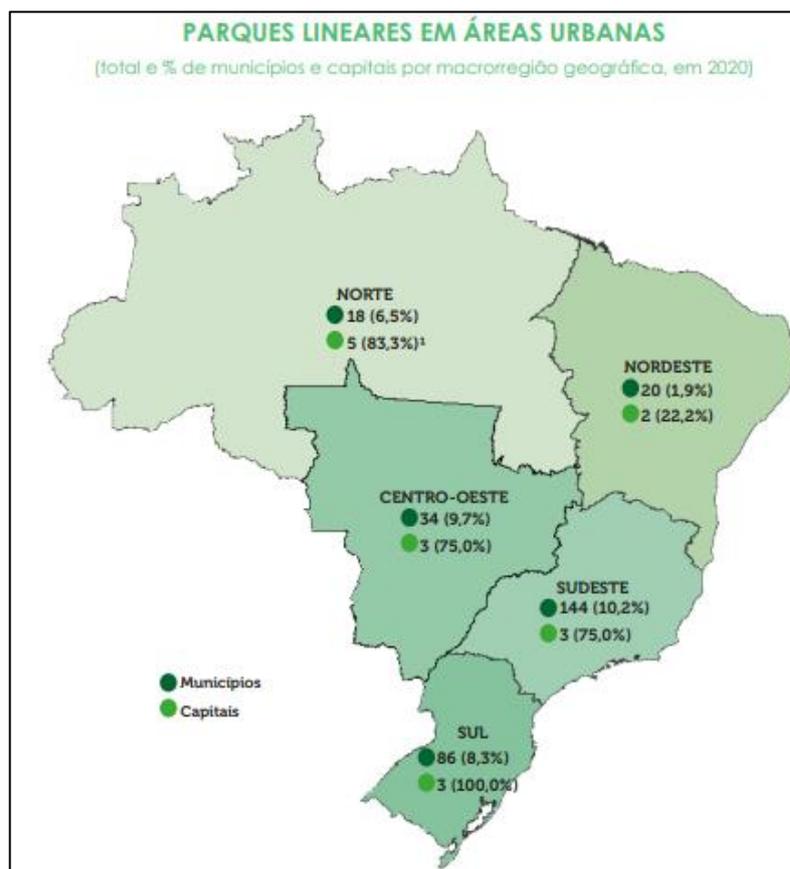


Fonte: INEA (2015).

O Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) publicou em 2020 um diagnóstico de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, que destacou os parques lineares como uma das obras de infraestrutura capazes de reduzir o impacto do escoamento superficial. Dos 4.107 municípios que participaram da coleta de dados, apenas 302 municípios relataram possuir parques lineares em suas áreas urbanas, o que representa 7,4% dos municípios na amostra.

Quando observamos as capitais, 16 das 26 capitais participantes do SNIS-AP 2020, 61,5%, afirmaram ter essas infraestruturas. Em relação ao estudo de parques lineares por estado, assim como ocorreu em 2019, o estado de São Paulo declarou possuir a maior quantidade de parques lineares no país. No entanto, ao comparar as quantidades de parques lineares por estado nas coletas de dados de 2019 e 2020 é possível observar algumas variações significativas, com os maiores aumentos ocorrendo nos estados de São Paulo (SP) e Paraná (PR), que viram um acréscimo de 20 e 7 parques lineares, respectivamente. Por outro lado, no presente ano, os estados de Alagoas (AL) e o Distrito Federal (DF) não relataram possuir essa infraestrutura. A quantificação dos parques lineares identificados pelos municípios, segmentada por estado, é apresentada na Figura 7 a seguir.

Figura 7 - Parques lineares em áreas urbanas por macrorregião, seus municípios e capitais.



Fonte: SNIS, 2020

O resultado do estudo sobre parques lineares como uma das obras de infraestrutura capazes de reduzir o impacto do escoamento superficial, esse indica que a implantação de parques lineares ainda está em estágio inicial no Brasil, representando apenas 1,4% das capitais do país que relataram possuir essas infraestruturas. No entanto, é relevante notar o crescimento da parcela de cursos d'água naturais perenes com parques lineares macrorregião Nordeste, que aumentou de 1,2% em 2017 para 7,1% em 2018, depois para 9,7% em 2019, e finalmente alcançou 12,1% em 2020.

A seguir, é apresentado o Quadro 5 com dados de alguns parques construídos no Brasil a partir de 2016 até o ano de 2023, incluindo informações sobre suas áreas, nomes, localizações e valores investidos.

Quadro 5 - Parques lineares construídos no Brasil entre 2016 e 2023.

| <b>Autores</b>   | <b>Nome e ano</b>                               | <b>Localização</b>  | <b>Elementos</b>   | <b>Custo (continua)</b>        |
|--|---|---|--|--------------------------------|
| Prefeitura de Curitiba com Agência Francesa de Desenvolvimento | Parque Linear Municipal Mairi 2016              | Área de 43,5 mil m <sup>2</sup> na margem direita do Rio Barigui, Curitiba  | O espaço conta com pista compartilhada para pedestre e ciclistas (1.290 metros); Conchas de futebol de areia, vôlei de praia e minifutebol de areia; Quadra poliesportiva; Academia ao ar livre ;Equipamentos de ginástica; Parquinhos infantis (um deles com equipamentos adaptados para crianças com deficiência); Paraciclos; Passarela de pedestres interligando ao Parque Cambuí; Pergolados; 5 áreas de bem estar. | R\$ 4,6 milhões                |
| Governo do Estado da Paraíba                                   | Parque Linear Parahyba 2017                     | Área 150 mil m <sup>2</sup> área marginal a canais do bairro do Bessa, João Pessoa, Paraíba                             | O espaço tem com áreas de playground; Praça totalmente inclusiva para crianças com deficiência; Bancos; Ciclovia; Estacionamento; Quadras de areia; Campos ao ar livre; Sinalizações; Brinquedos; Áreas verdes com gramas e espaço para plantações de mudas.   | Primeira Fase<br>R\$ 3 milhões |
| Governo do Estado de São Paulo e Prefeitura de Itu             | Parque Linear Itu, 2018                         | Área total de aproximadamente 7,360 mil m <sup>2</sup> a margem dos córregos Brochado; Taboão e Guaraú. Itu, São Paulo. | Houve a Canalização dos córregos Brochado; Taboão e Guaraú, somando-se quase (10 km) de extensão, sendo a primeira ciclovia urbana de Itu, que conta com mais de 4,5 km de extensão, passando por diversos bairros da cidade, Ao longo de seu leito estão sendo plantadas 6,8 mil mudas de ipês amarelos, brancos e roxos que sombrearão todo o percurso.  | R\$ 80 milhões                 |
| Governo do Estado de São Paulo e Prefeitura de Pardinho        | Parque Linear Urbano "Leon Lopes Capelupi" 2019 | Área 1,200 mil metros as margens do Rio Pardo, Pardinho, São Paulo  | O espaço tem pista de caminhada; Área para shows; Feiras; Pista de bike; Área de Descanso; Equipamentos de ginástica; Parque infantil; Quadra de areia.  | R\$<br>2.802.927,59<br>milhões |

| Autores  | Nome e ano                      | Localização   | Elementos   | Custo (continua)               |
|--|---------------------------------|---|---|--------------------------------|
| Prefeitura de Jaraguá do Sul                             | Parque Linear da Via Verde 2020 | Área total de aproximadamente 75 mil m <sup>2</sup> à margem direita do Rio Itapocu, Santa Catarina | O espaço tem paisagismo; equipamentos esportivos; Quadra de areia para três modalidades; Playground; Pista de esportes radicais de nível mundial; Palco para apresentações artísticas; Sanitários Pista de slackline; Academia ao ar livre; Academia de calistenia; Espaço para food truck; Área fechada para cães com equipamentos; Espaço para refeições ao ar livre; Mesas de xadrez e dama e Street basquete, com três quadras. | R\$ 7,2 milhões                |
| Governo do Paraná e Prefeitura de Maringá                | Parque Linear Gralha Azul 2021  | Área de 5,6 mil m <sup>2</sup> , conjunto Ney Braga, Maringá, Paraná.                               | O espaço oferece um complexo de bem-estar convivência e prática esportiva para qualquer público. No local há brinquedos; Academia da terceira idade; Garrafão de basquete; Quadra de vôlei de areia e um campo de futebol suíço.  | R\$ 1,2 milhões                |
| Governo de São Paulo com patrocínio de empresas privadas | Parque Linear Bruno Covas 2022  | Área de 1 milhão de m <sup>2</sup> as margens do rio Pinheiros, São Paulo.                          | O espaço tem três quadras esportivas e duas quadras de beach volley. Também haverá pista de caminhada com 8,2 km, uma ciclovia por todos os 17km de extensão à margem do Rio Pinheiros e uma pista de skate. Quatro núcleos de ginástica, espaço pet e playgrounds; Espaço destinado a café e serviços; Uma área voltada para cultura e lazer; Outras para descanso; Totens para encher garrafas d'água e um mirante flutuante.     | Aproximadamente R\$ 58 milhões |

| <b>Autores</b>                                  | <b>Nome e ano</b>                            | <b>Localização</b>   | <b>Elementos</b>   | <b>Custo</b>  |
|---|--|--|--|---------------|
| Governo Federal e Prefeitura de Duque de Caxias | Parque Linear Osório de Oliveira Filho. 2023 | Área de 140 mil m <sup>2</sup> , beirando o Rio Sarapuí, Duque de Caxias, Rio de Janeiro | O espaço tem campo de futebol; Pista de patins; Tênis de (mesa, futmesa); Quiosque, Playground; Academia de ginástica; Pista de caminhada, Campo de grama sintética; Áreas de convivência; Jardins e iluminação de LED; entre outros equipamentos. | Não informado |

Fonte: A autora, 2023.

## 2.4 A CARTOGRAFIA NA ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE

Para Duarte (2008) a cartografia é um conjunto de operações científicas, estudos, operações artísticas e técnicas, para a obtenção de resultados com observações diretas e análise de dados, para a elaboração de cartas e mapas. Para Cerri e Amaral (1998), o desenvolvimento da cartografia de risco geológico, é realizado com o levantamento de dados, tendo etapas como a identificação e análise de riscos, em determinada área de estudo. Os procedimentos básicos para elaboração são: identificação de uma hipótese; agentes de causas (geometria, mecanismo de movimentação); mapeamento e representação cartográfica (PRANDINI et al., 1995).

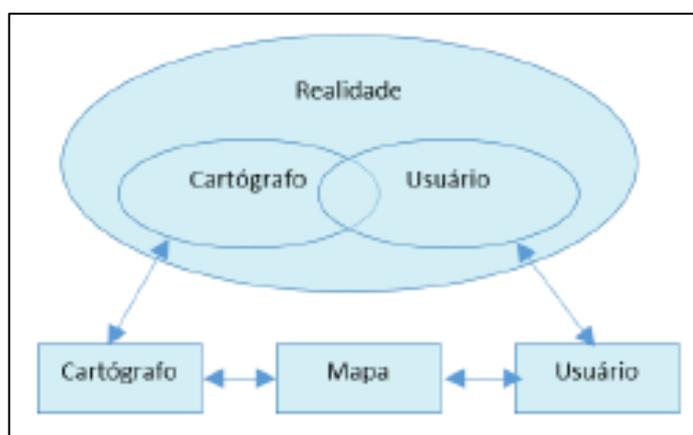
A história da humanidade está interligada com a dos mapas, tornando o tema amplo e complexo, sobretudo instigante devido a surpresas reveladas em documentos analisados (DUARTE, 2008). De acordo com Carvalho, Macedo e Ogura (2007), “mapas são produtos culturais que se modificam com a sociedade nos diversos berçários civilizatórios que surgem ao longo da história”. Estes ainda acrescentam que mapas possuem diversas formas de informar o conteúdo geográfico na forma gráfica, possibilitando ao leitor compreender e visualizar o espaço de forma ampla, dessa forma os mapas são como ferramentas de comunicação visual. Existem diferentes tipos de mapas de acordo com Gartner (2014), onde esses possuem elementos fundamentais como: posições e atributos.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), juntamente com os avanços da cartografia e do sensoriamento remoto, impulsionou a cartografia temática e as diferentes formas de representação e análise de dados espaciais. É nesse contexto

que ocorre o desenvolvimento dos mapeamentos de risco de desastres, aprimorados por técnicas de engenharia que permitem a geração de produtos em escalas mais específicas (MARCHEZINI et al., 2015).

A obtenção de um mapa de risco para Carvalho, Macedo e Ogura (2007), envolve a integração, bem como um processo gradual que interliga, mapas de inventários de suscetibilidade, estes resultando em mapas de zoneamento, onde se expõe os riscos de acordo com o grau de probabilidade de ocorrência. O mapa realizado de acordo com a compreensão do cartógrafo, o mapa que é lido pelo usuário e é fruto da linguagem escolhida pelo cartógrafo e seu entendimento do espaço (GARTNER, 2014). A Figura 8 retrata a comunicação do cartógrafo e o usuário.

Figura 8 - Comunicação do Cartógrafo com o usuário.



Fonte: Gartner (2014)

De acordo com Conceição e Costa (2010), representar cartograficamente um espaço requer uma etapa de instrumentação com diversas etapas de planejamento, o tipo de informação contida nos documentos da base cartográfica permite apoiar as tomadas de decisões e diagnósticos. Para Roque (2006), a compreensão do espaço físico permite a avaliação, bem como a implementação de obras de engenharia, planejamento territorial, exploração de recursos, tendo em vista que permite um conhecimento prévio de limitações existentes e potencialidades da área de estudo.

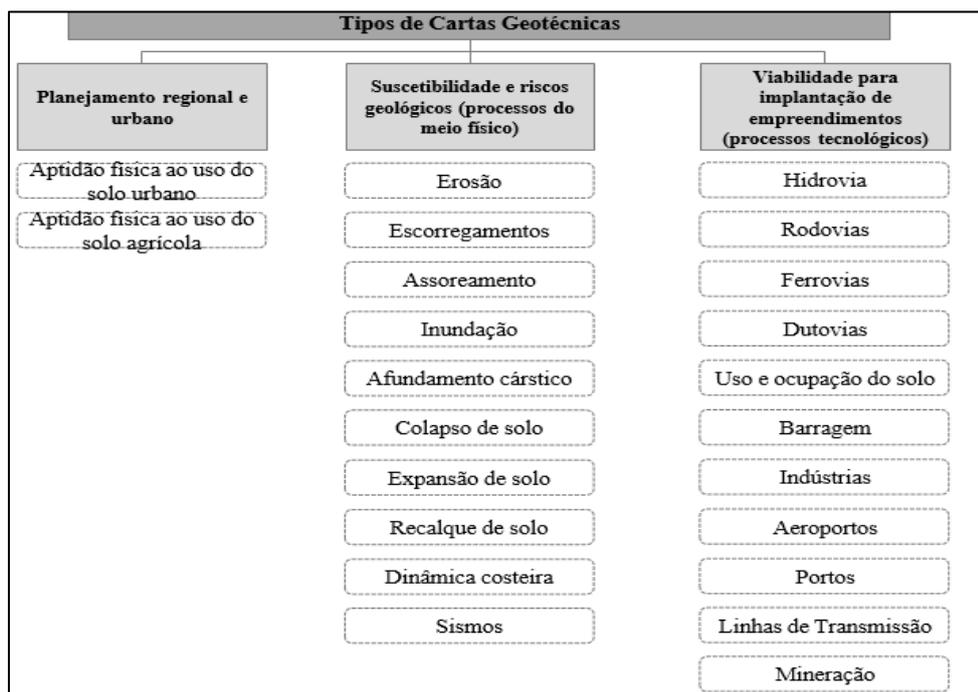
“O relevo, sob o ponto de vista da topografia, refere-se ao conjunto das diferenças de altitude de pontos da superfície terrestre” (AURÉLIO, 1986). De acordo com Garbrecht e Martz (2000), o relevo é um fator determinante no processo ocupação da terra, desde os primórdios. Este é um regulador da distribuição do fluxo

de água e energia no meio ambiente. Bitar (1992) apresenta uma questão importante referente a mapas de risco de desastres de cunho natural, sua validade. Por se tratarem de mapeamentos de dinâmica do uso e cobertura do solo, instabilidade de encostas, são produtos com validade relativamente curtas, exigindo uma atualização permanente.

Para Franco et al. (2010) a chamada cartografia geotécnica é uma ferramenta importante na avaliação de potencialidades e limitações do espaço, onde pode se obter informações para planejamentos urbanos e regionais, bem como interligação de tecnologias como a do geoprocessamento, possibilitando assim a manipulação e análise de um grande volume de dados. Os geoprocessamentos visam coletar, processar, analisar e oferecer informações sobre um dado geográfico, são compostos por hardwares e softwares onde instituem ferramentas para análises e tomadas de decisões (ROSA, 2005).

Os mapas com modelos hidrológicos vieram a ser interligados a bases de dados espaciais, devido a implementações de SIG - Sistema de Informação Geográfica estimulou o desenvolvimento de sistemas integrados (CHAVES, 2002). As cartas geotécnicas conforme Diniz (1998) são divididas em três classes: avaliação de processos do meio físico; estudos de implementação de empreendimentos e aplicação em ordenamento territorial. A Figura 9 apresenta os três tipos de cartas geotécnicas e suas finalidades.

Figura 9 - Tipos de Cartas Geotécnicas.



Fonte: Diniz (1998) e Carvalho (2017).

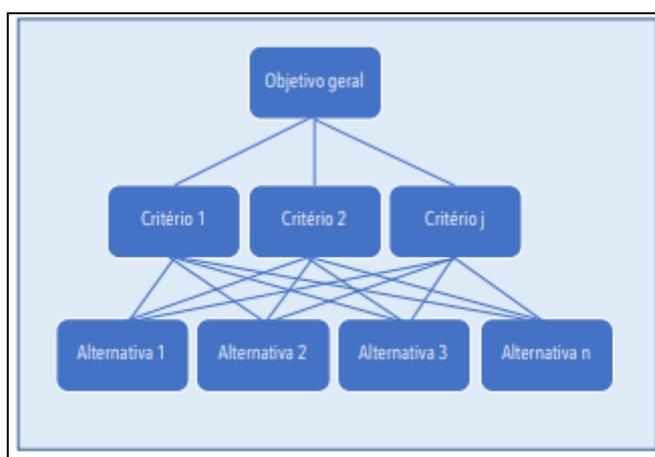
As cartas geotécnicas ou cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações de acordo com a CPRM (BRASIL, 2012a), representam a possibilidade de ocorrência de um evento natural como o hidrológico ocorrer. A elaboração destas cartas está prevista no Plano Nacional de Gestão de Risco e Resposta a Desastres Naturais, iniciado em 2012 para os municípios do território brasileiro. As cartas são elaboradas a partir de modelagem matemática, com validação em campo realizada em todo o território mapeado e posteriormente são classificadas em alta, média e baixa suscetibilidade.

## 2.5 ANÁLISE MULTICRITÉRIO

A Análise Multicritério, segundo Ramos (2000), é uma ferramenta de avaliação de alternativas, bem como um método usado para desenvolver quadros com diversas hipóteses combinadas. Alguns critérios utilizados nesta metodologia estão exemplificados a seguir. Estes critérios são organizados de acordo com a finalidade, em grupos com níveis de análise e combinados com graus de relevância ou peso.

Desenvolvido por Saaty em 1980, o método Processo Analítico Hierárquico – AHP expressa uma problemática de decisão em uma estrutura hierarquizada, decompondo de forma hierárquica, torna possível estruturar o problema, entender o objetivo, os critérios a serem atingidos, utilizados e suas alternativas (SILVA, 2020). A Figura 10 demonstra a estrutura hierárquica segundo Saaty.

Figura 10 - Decomposição do problema numa estrutura hierárquica.



Fonte: Saaty (1990) e Silva (2020).

A modelagem espacial com a análise multicritério, vem acompanhada de álgebra de mapas [...] o termo “Álgebra de Mapas” foi cunhado por Tomlin (1990), para indicar o 17 conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas. Esta visão concebe a análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional. Os mapas são tratados como variáveis individuais, e as funções definidas sobre estas variáveis são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa (CÂMARA, 2001, p. 488).

De acordo com Baptista (2009), após definir o problema ou objetivo, a escolha dos critérios é a próxima etapa para realização da análise. Os critérios podem ser regras ou julgamentos, onde recursos alternativos podem ser analisados, ordenados e escolhidos conforme sua conveniência (EKEL; PEDRYCZ; PEREIRA JR, 2020). Para Malczewski (2000), este termo critério tem como propensão os conceitos de objetivo e atributo. Conforme Silva (2020) o objetivo pode ser tratado como sendo uma assertiva sobre um estado, atributo é tido como disposto para medir um desempenho de uma assertiva, relacionado estes a um determinado objeto.

O conjunto fuzzy é descrito por uma função de coerência que associa cada objeto de interesse a um valor de coerência inserido em uma escala definida no

intervalo unitário. Assim, dado um agrupamento  $X$ , o grau com que um elemento  $x \in X$  pertence a um conjunto fuzzy  $A$  é associado pela função de coerência  $\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1]$ . Esta representação possibilita a transição gradual entre a coerência  $\mu_A(x) = 1$  e a ausência de coerência  $\mu_A(x) = 0$  (ZADEH, 1965).

A normalização dos critérios de acordo com Silva (2020) pode ser realizada utilizando um conjunto fuzzy, onde é realizado a uniformização dos valores dados aos critérios, em uma escala unitária, posteriormente são estabelecidas as coerências destes valores a um determinado critério de decisão, os valores de coerência são 0 e 1 na conforme lógica fuzzy. Há diversos métodos de normalização disponíveis na bibliografia correlata (MALCZEWSKI, 1999; 2000), (MALCZEWSKI; RINNER, 2015), (PEDRYCZ; EKEL; PARREIRAS, 2011).

De acordo com a análise realizada, a representação de uma alternativa de solução pode ser utilizada, conforme o objetivo ou problema e o formato das informações geográficas utilizadas no trabalho (EKEL et al., 2019). As alternativas para Malczewski (2000) podem ser definidas características como de uma ação e de uma localidade, logo estas alternativas são caracterizadas pelos valores atribuídos as variáveis escolhidas na decisão, as variáveis podem ser: discretas (representadas por valores numéricos finitos e inteiros), binárias (representada por 0 ou 1) e contínuas (representa um conjunto de valores infinito dentro de um intervalo determinado). Atribuindo pesos aos critérios escolhidos, estes pesos tem intuito de diferenciar o grau de pertinência dos critérios. Métodos de ponderação para a atribuição por pesos, são diversos conforme a literatura (YAGER, 1988), (SAATY, 1990), (AYDIN; KENTEL; DUZGUN, 2010), (PEDRYCZ; EKEL; PARREIRAS, 2011), (VERONESI et al., 2017).

O procedimento regra de decisão que combina os critérios objetivando determinar avaliação, inclui uma própria comparação entre avaliações, tendo por finalidade produzir decisões. As decisões são estruturadas com regras no contexto de um objetivo específico, com motivações para alcançar esse objetivo (RAMOS, 2000; SILVA, 2003).

O Quadro 6 apresenta pesquisas mais recentes de análise de suscetibilidade de inundações com a utilização do método análise multicritério, todos realizados em regiões do Brasil.

Quadro 6 - Pesquisas mais recentes com o método da análise multicritério e sua aplicação na análise de áreas com suscetibilidade de inundações.

| <b>Autores</b>  | <b>Ano</b> | <b>Localização</b>                 | <b>Título</b>  |
|---|------------|------------------------------------|--|
| Patrícia Soares Rezende;<br>Daniela Vieira Marques;<br>Luiz Antônio de Oliveira | 2017       | Município de Paracatu-MG           | Construção de Modelo e Utilização do Método de Processo Analítico Hierárquico–AHP para Mapeamento de Risco à Inundação em Área Urbana.       |
| José Roberto Mantovani; Vitor Matheus Bacani                                    | 2018       | Município de Três Lagoas - MS      | Uma proposta metodológica de mapeamento de áreas suscetíveis à inundação e/ou alagamento, na bacia hidrográfica do córrego Indaiá-MS         |
| Mélory Maria Fernandes de Araujo et al.,  | 2019       | Município de Arroio do Padre - RS  | Caracterização hidrológica e suscetibilidade de risco à inundação nas bacias do município de Arroio do Padre/RS.                             |
| Andrea Zacharias et al.,  | 2020       | Município de São João del-Rei - MG | A cartografia de síntese e as estruturas verticais e horizontais da paisagem em ambientes urbanos suscetíveis à inundação.                   |
| Vanessa Cristina Matos Pereira et al.   | 2021       | Município de São Gonçalo-RJ        | As Chuvas de Verão sob a Influência do fenômeno El NIÑO, entre 2005 e 2018, e o Risco de Inundações no Município de São Gonçalo-RJ (BRASIL). |
| Jaqueline Oliveira da Silva   | 2022       | Tocantins, Brasil                  | Mapeamento de Áreas Suscetíveis à Inundações na sub-bacia hidrográfica Tocantins Baixo, Brasil   |
| Matheus Lima de Oliveira  | 2023       | Município de Angra dos Reis - RJ.  | Mapeamento de Áreas Suscetíveis à Inundação no Primeiro Distrito do Município de Angra dos Reis - RJ.  |

Fonte: A autora (2023).

## 2.6 ORDENAMENTO TERRITORIAL

As civilizações originaram-se em torno de rios, onde tinham condições adequadas ao crescimento populacional e econômico. Para Baptista e Cardoso (2013) os rios possuem grande importância para sociedade, devido a fertilidade em seu entorno,

proporcionam irrigação e o fornecimento de água a animais e a população.” De maneira desenfreada o homem passou a intervir sobre os sistemas hídricos, que desconsiderava suas fragilidades naturais” tratada por Saraiva (1999) como “degradação e sujeição”. Um fator crucial para a preocupação dos cursos d'água em ambientes urbanos está relacionado ao modelo de urbanismo rodoviário e à pressão exercida pela indústria automobilística nas cidades brasileiras. Isso resultou na visão dos rios como meros obstáculos à expansão urbana (CROCE, 2020).

A Lei nº12.727/2012 , disserta sobre proteção da vegetação e aborda áreas urbanas, faixas marginais em cursos d'água, onde delimitem áreas de passagem de inundação, estas devem ter sua largura fiscalizada por leis de uso do solo, como a Lei Federal nº 6.766/12. Esta lei determina que a faixa não edificável de 15 metros para cada lado, ao longo dos cursos de água, mesmo em faixas onde há rodovias, ferrovias ou que seja do poder público Brasil (2012b). Contudo a Lei passou a estipular que somente seriam Áreas de Preservação Permanente – APP, cursos de água onde o homem ainda não interveio em ser curso de acordo com (VALENTE, 2020).

A Lei 12.608/2012 trata no Brasil sobre estudos geológicos em acordo com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, onde tem por objetivo auxiliar ações sobre o ordenamento territorial e prevenção de desastres (BRASIL, 2012c). Conforme a Constituição Federal Brasil (1988) os municípios devem promover o que for adequado ao ordenamento territorial, com um planejamento, controle, parcelamento e uso e ocupação do solo. De acordo com Croce (2020) urbanização no Brasil, se deu com desmatamento e desrespeito ao meio ambiente, a prioridade era expansão urbana (vias, edifícios), grandes cidades. No entanto na atualidade enfrentamos os males dessa expansão sem respeito a natureza e temos as informações e conhecimentos necessários para um desenvolvimento consciente, contudo ainda podemos ver cidades expandindo de forma desordenada e sem planejamento, visando principalmente o mercado imobiliário.

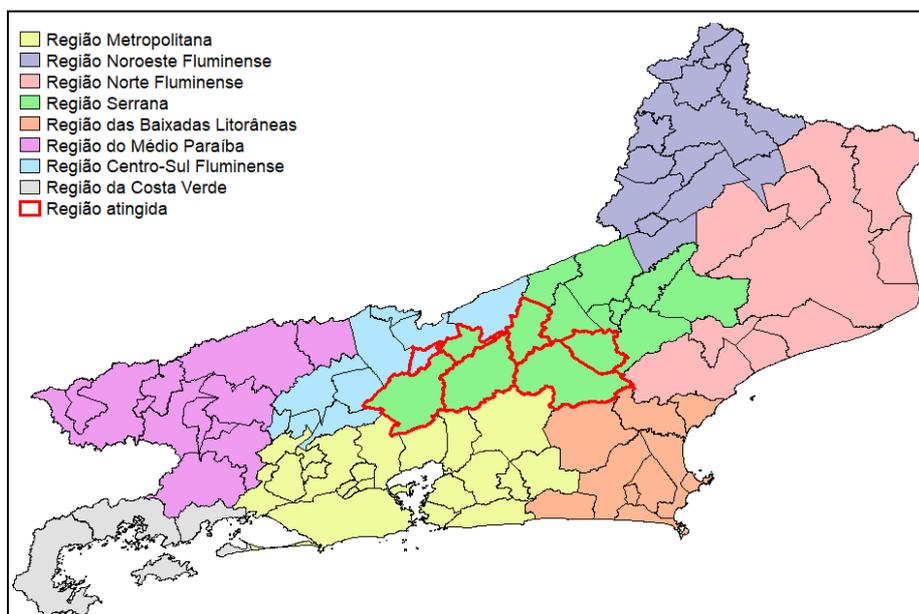
Em 2011, na região serrana do Rio de Janeiro, um “mega desastre” atingiu alguns municípios do estado, inundações e deslizamento de acordo com Viana (2016) onde se configurou o maior desastre brasileiro até então. O Anuário Brasileiro de Desastres Naturais:2012, informou que este desastre causou em torno de 900 morte e mais de 45 mil desalojados e desabrigados. Segundo Banco Mundial, houve reflexos

em outros municípios, mas estes não entraram no estado de calamidade pública (BANCO MUNDIAL, 2012).

As áreas localizadas nas margens dos rios, com à possibilidade de inundações, áreas de encostas de morros, com risco de queda, juntamente com outras regiões ambientalmente vulneráveis, foram historicamente sendo ocupadas de forma irregular. Geralmente, essas ocupações são habitadas por pessoas de menor renda. No entanto, é importante ressaltar que não é apenas essa parcela da população que ocupa essas áreas; a dinâmica imobiliária atual, tem direcionado alguns empreendimentos de alto padrão para essas localidades (CROCE, 2020).

O estado do Rio de Janeiro é dividido em oito grandes regiões, conforme o Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro - CEPERJ conforme ilustrado pela Figura 11. A Região Serrana foi a mais afetada, e os municípios em destaque foram aqueles que decretaram calamidade pública foram: Areal, Bom Jardim, Nova Friburgo, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro, Petrópolis e Teresópolis.

Figura 11 - Mapa com divisão política-administrativa do Rio de Janeiro e região atingida pelo desastre de 2011.



Fonte: Halmenschlager (2019).

## 2.7 POLÍTICAS PÚBLICAS

Após um grande desastre ocorrido na Ásia e África em 2004, houve um aumento em elaborar estratégias e mobilização, em busca de reduzir riscos de desastres. O Marco de Ação de Hyogo (2005-2015) (UNISDR,2005) e o Marco de Ação Sendai (2015-2030) (UNISDR,2015), são a representação de ideias, acordos e projetos estratégicos voltados a diminuição de riscos de desastres (VIANA, 2016).

O Estatuto das Cidades (Brasil, Lei 10.257/2001), surgiu no Brasil, visando ordenar funções sociais da sociedade, bem como controlar o uso e ocupação do solo urbano, obtendo assim um controle de construções em áreas de risco e estimando evitar exposição das populações a riscos de desastres.

A Defesa Civil se organiza com sistemas abertos, de acordo com Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC (2023), explica que a Defesa Civil tem na atualidade participação e conexão mundial, governamental e populacional, visando ações de prevenção contra desastres naturais. No Brasil a preocupação com desastres naturais se iniciou entre 1966 e 1967, em função de uma grande enchente no Estado do Rio de Janeiro em 1967, logo foi elaborado o Ministério do Interior, tendo como pretensão ajudar populações atingidas por calamidade pública no território nacional.

Segundo SINDEC (2023) nos anos 60 foi elaborado o Fundo Especial para Calamidades Públicas – FUNCAP, regulamentado em 70, juntamente com o Grupo Especial para Assuntos de Calamidades Públicas. “A proposta de pensar a Defesa Civil como estratégia para redução de riscos de desastres veio por meio do Decreto nº 97.274, de 16.12.1988 que organizou o Sistema Nacional de Defesa Civil”.

Após o desastre ocorrido em 2011 a Defesa Civil do Rio de Janeiro, com intuito de aprimorar o monitoramento de áreas suscetíveis a desastres naturais, criou o CEMADEN-RJ, que de acordo com a Lei Federal nº12.608 de 10 de abril de 2012, passou a se tornar o órgão responsável pelo monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico no território do Rio de Janeiro e os demais estados que possam vir a sofrer desastres que impactem o Estado do Rio de Janeiro (BRASIL, 2012c).

De acordo com Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional – MDR (BRASIL, 2021) há um decreto no Brasil que institui o Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações ou Processos Geológicos, bem como os Hidrológicos. Decreto de

nº10.692, de maio de 2021, onde parte do município a iniciativa de se cadastrar e comprovar a existência de áreas de risco. No Brasil o Sistema de Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID tem por objetivo dar transparência qualificar as gestões de riscos e desastres, com informatização e disponibilização de informações (BRASIL, 2021). No S2ID é possível realizar:

- a) Registro de desastres ocorridos no município/estado;
- b) Consultar e acompanhar os processos de reconhecimento federal de emergência ou de estado de calamidade pública;
- c) Consultar e acompanhar os processos de transferência de recursos para ações de resposta;
- d) Consultar e acompanhar os processos de transferência de recursos para ações de reconstrução;
- e) Buscar informações sobre ocorrências e gestão de riscos e desastres com base em fontes de dados oficial (BRASIL, 2021).

Uma iniciativa das Nações Unidas, denominada “Construindo Cidades Resilientes 2030”, liderada pelo Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos - UNDRR, está sendo adotada pela Defesa Civil do Rio de Janeiro. Essa iniciativa tem por objetivo articulação de políticas públicas voltadas para resiliência das cidades, troca de conhecimentos, fortalecimento de capacidades técnicas e experiências, bem como ligações entre governos. O *Making Cities Resilient - MCR2030*<sup>6</sup> entra em ações e metas estabelecidas no Marco Sendai para a Redução de Riscos de Desastres (UNISDR, 2015).

Um novo projeto de lei está sendo analisada, corresponde a legislação urbana e de Defesa Civil para mapear áreas de risco. O projeto propõe a integração de legislações territoriais para monitorar áreas de risco. Tendo por objetivo aprimorar o mapeamento e monitoramento territorial para redução de riscos de desastres, Projeto de Lei (PL) 6.150/2019. Se aceito irá alterar o Estatuto das Cidades, Lei 10.257/2001; Estatuto da Metrópole, Lei 13.089/2015; Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, Lei 12.608/2012. Onde irá tornar obrigatório identificação e mapeamento de áreas de risco de qualquer natureza (CNM, 2023).

---

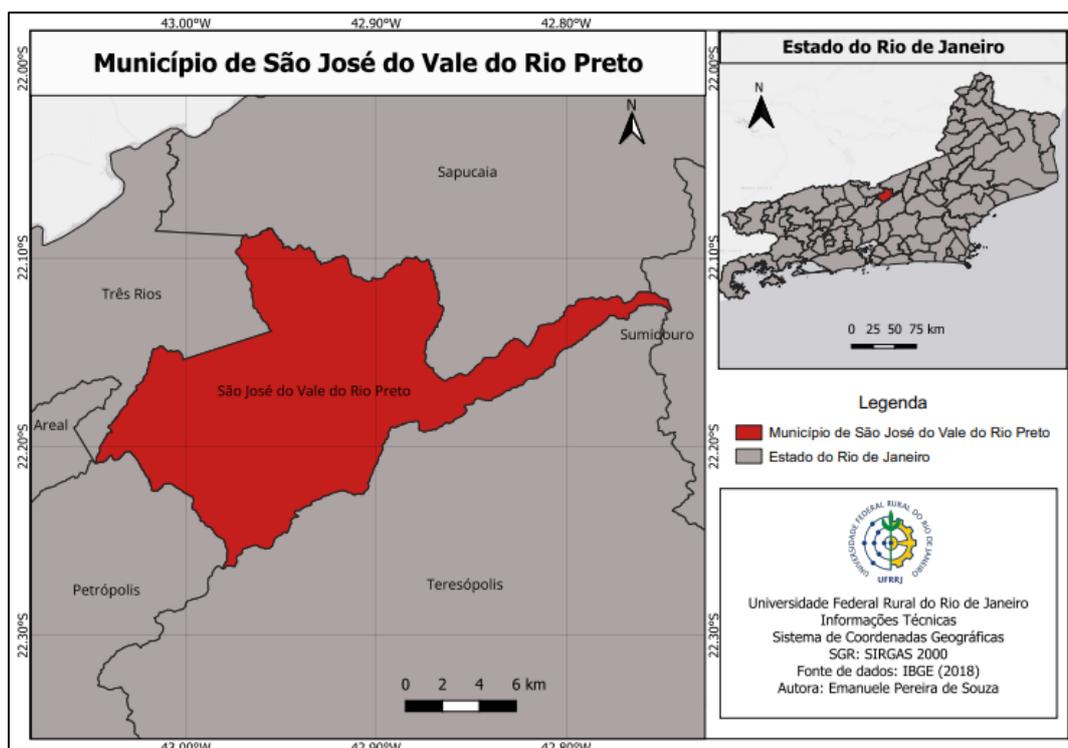
<sup>6</sup> Iniciativa Construindo Cidades Resilientes 2030- MCR2030 é uma campanha liderada pelo Escritório das Nações Unidas para Redução de Risco de Desastres (UNDRR), criada em 2010, com objetivo de orientar os governos municipais no planejamento da resiliência e na tomada de decisões. <https://mcr2030.undrr.org/who-we-are/history>

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município localiza-se em torno das coordenadas Latitude: 22° 9' 11" Sul, Longitude: 42° 55' 31" Oeste. Os limites territoriais compartilhados com SJVRP são com os municípios de Teresópolis, Petrópolis, Areal, Três Rios, Sapucaia e Sumidouro (Figura 12). Atualmente o município possui uma área aproximada de 220,178 km<sup>2</sup>, com população estimada de 22.08, densidade demográfica média é de 100,28 habitantes por km<sup>2</sup> de acordo com dados do novo censo (IBGE, 2022). De acordo com a divisão regional do estado do Rio de Janeiro, o município faz parte da Microrregião Serrana, a qual é formada por três municípios: São José do Vale do Rio Preto, Petrópolis e Teresópolis (IBGE, 2010).

Figura 12 - Mapa de Localização de São José do Vale do Rio Preto.



Fonte: A autora (2023).

De acordo com Koppen e Geiger (1928), o clima de São José do Vale do Rio Preto é temperado com características tropicais de altitude, com chuvas concentradas

no verão. As morfoestruturas presentes no território municipal são: Serra das Araras, Serra dos Órgãos, Paraíba do Sul, Rio Negro, Serra do Paquequer, sobre as condições geológicas e geomorfológicas do município essas são determinantes para pedologia e padrões de uso e ocupação do solo, a formação pedológica da região, devido a características geográficas possui particularidades, como: solos rasos em encostas e morros, afloramentos rochosos, entre outros aspectos, de acordo com Plano de Diagnóstico Municipal de São José do Vale do Rio Preto - PDM-SJVRP (2017).

A consolidação da urbanização ocorreu ao longo do vale do Rio Preto e nas encostas rochosas adjacentes, o município apresenta amplitude altimétrica entre 500 e 1400 metros acima do nível do mar (PDM-SJVRP, 2017).

Em 2011, o Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro - DRM-RJ realizou uma análise de áreas de risco no município e em 2017, produziu-se o diagnóstico municipal para elaboração do plano diretor, constatando-se a existência de várias áreas de risco no território de SJVRP, essas áreas de risco estão relacionadas a inclinação do terreno, à cobertura vegetal e substratos geológicos. Durante esta análise, realizada em 2017, foram identificadas 60 locais que se enquadraram como áreas de risco para deslizamentos, concentrando-se principalmente em áreas com alta densidade demográfica. No PDM-SJVRP estes locais foram identificados na classe geomorfológica denominada como “Forte Ondulado” e possuem pouca ou nenhuma cobertura vegetal (PDM-SJVRP, 2017).

O rio Piabanha tem como principal afluente o rio Preto, com 54 km de extensão, continuamente o rio Paquequer é um afluente do Rio Preto com 37k m de extensão (LEITE, 2006). O rio Preto é considerado o principal rio do município e acompanha a área urbana em toda a sua extensão, sendo o curso d'água que inspirou o nome da cidade. A ocupação das margens do rio tornou-se um fator limitante em relação a preservação ambiental, as consequências da ocupação irregular de suas margens, em conjunto com eventos de cheias e chuvas intensas, são fatores que têm gerado prejuízos ao município (PDM-SJVRP, 2017).

O território de SJVRP encontra-se dividido em dez microbacias hidrográficas, sendo elas: Microbacia Valverde, Microbacia Centro, Microbacia Morro Grande, Microbacia Calçado, Microbacia Palmital, Microbacia Águas Claras, Microbacia Jaguará, Microbacia Rio Bonito, Microbacia Contendas e Microbacia Rio Bahia. O bioma da região de SJVRP é Mata Atlântica, bioma este inserido em todo território estadual e

floresta tropical pluvial é o tipo de floresta com maior representação no município (PDM-SJVRP, 2017).

Nas vias urbanas, o sistema viário apresenta configurações irregulares, com uma falta significativa de arborização e, em certos locais, ausência de passeio público. De acordo com o plano elaborado pela Secretaria Municipal de Obras Públicas, Urbanização e Transportes - SOPUT (PDM-SJVRP, 2017), apenas a região central da malha urbana possui um sistema de drenagem, porém, não há um mapeamento detalhado dessa rede, o que prejudica a elaboração de medidas de controle de cheias.

A Secretaria Municipal de Defesa Civil e Ordem Pública possui um Plano de Contingências de Proteção e Defesa Civil - PLACON (PDM-SJVRP, 2017), onde contempla medidas para lidar com situações de alagamentos, deslizamentos, estiagem, incêndios florestais e inundações.

### 3.2 MATERIAL UTILIZADO

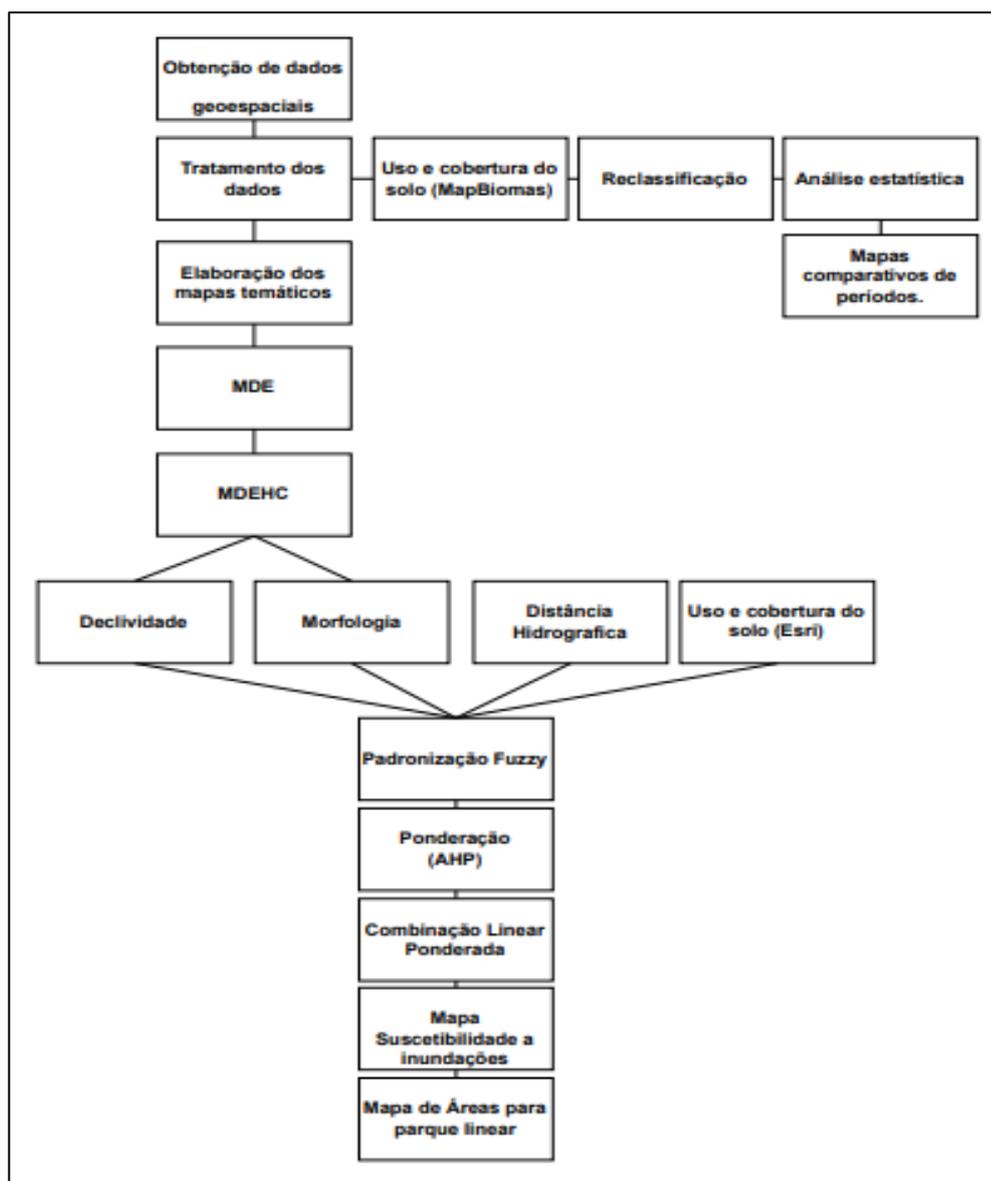
Para elaboração deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- a) arquivo vetorial (*shapefile* - SHP) com escala 1:25.000 atualizado no ano de 2022, elaborado e disponibilizado pelo IBGE com a delimitação do Estado do Rio de Janeiro;
- b) carta do Estado do Rio de Janeiro com escala 1:25.000 versão atualizada em 2018 e disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- c) imagens de satélite Sentinel 2 de uso e cobertura do solo com resolução de 10 m disponibilizadas pela ESRI no ano de 2022;
- d) carta de uso e cobertura do solo com escala 1:1.000.000 elaborado em 2001, 2011 e 2021 e disponibilizado pelo Projeto MapBiomass;
- e) software QGIS versão 3.28.3;
- f) software ArcGIS Desktop, licença trial para estudante, versão 10.8;
- g) software TerrSet versão 18.21; e
- h) planilha eletrônica.

### 3.3 MÉTODO

A metodologia deste trabalho trata de procedimentos para a realização da análise de suscetibilidade às inundações, sendo executado conforme o fluxograma na Figura 13.

Figura 13 - Fluxograma com as etapas da metodologia.



Fonte: A autora,2023

Todos os mapas foram editados e georreferenciados para a posterior análise espacial. A projeção definida para os mapas foi a Universal Transversa de Mercator -

UTM e como Sistema Geodésico de Referência – SGR, Sistema de Referência para a América do Sul – SIRGAS 2000.

A proposta metodológica apresentada nesse trabalho trata dos procedimentos e método para auxiliar na tomada de decisão quanto à obtenção de áreas com suscetibilidade à inundação no município de São José do Vale do Rio Preto, por meio de uma análise baseada em múltiplos atributos do meio físico, empregando-se o método (AHP).

### 3.3.1 Uso e cobertura do solo no município

Foram utilizados os mapas da Coleção 6 disponibilizados pelo projeto MapBiomias para os seguintes períodos: 2001, 2011 e 2021. Os períodos foram selecionados de modo que fosse possível notar visualmente as transformações no crescimento e expansão da mancha urbana em torno do Rio Preto. O projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura do Solo do Brasil (MapBiomias) disponibiliza gratuitamente mapas temáticos de uso e ocupação do solo de todo o Brasil, desde 1985. O projeto teve origem em 2015, e é uma iniciativa de especialistas em biomas, usos da terra, SR, SIG e ciência da computação, que por meio de processamento em nuvem, empregando classificadores automatizados, a partir da plataforma *Google Earth Engine*, geram uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil (MAPBIOMAS, 2019).

Depois de adquirir os mapas obtidos por meio do MapBiomias, essas imagens foram recortadas no *software* QGIS para se obter apenas dados do município, as classes foram mantidas como as classificadas pelo MapBiomias, bem como nomenclatura e cores, as classes encontradas para o município foram: formação florestal, silvicultura, campo alagado e área pantanosa, pastagem, agropecuária, área urbanizada, outras áreas não vegetadas, afloramento rochoso e rios e lagos. A classe, neste trabalho denominada de “mosaico de usos” pelo MapBiomias, sendo definida como as áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura. O levantamento do uso do solo é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso irregular causam deterioração ao ambiente. A expressão "uso do solo" pode ser entendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (BAPTISTA, 2005).

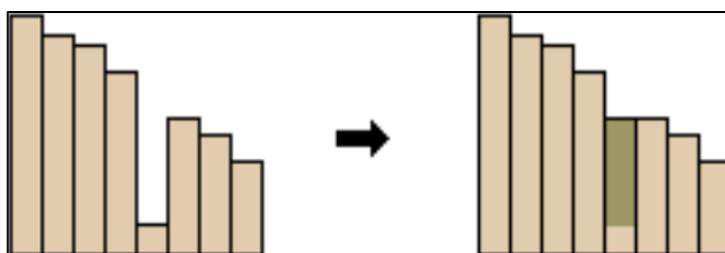
Por meio da ferramenta "*r.report*" no *software* QGIS, foi extraído informações fornecidas sobre as áreas com base nas classes de uso e cobertura do solo, no formato txt. Os dados relativos às áreas e aos códigos das classes foram exportados para uma planilha eletrônica. Nessa planilha a análise comparativa dos valores obtidos foi realizada para os períodos 2001, 2011 e 2021, de acordo com as mudanças no uso e cobertura do solo no município de SJVRP.

### 3.3.2 Elaboração dos fatores

A partir do *shapefile* (SHP) contendo as curvas de nível do município, com equidistância vertical de 10 metros, foi elaborado o Modelo Digital de Elevação – MDE, utilizando-se o interpolador *Topo to Raster* com uma resolução espacial de 10 metros no *software* ArcGIS.

O próprio processo de criação do MDE pode ocasionar depressões espúrias devido à resolução dos dados ou à interpolação realizada pelo *software*, onde os valores de levantamento são arredondados para o inteiro mais próximo. Para corrigir essas imperfeições, foi utilizado o comando *Fill* no *software* ArcGIS, identificando e preenchendo as depressões. Abaixo a Figura 14 retrata uma depressão espúria e sua correção.

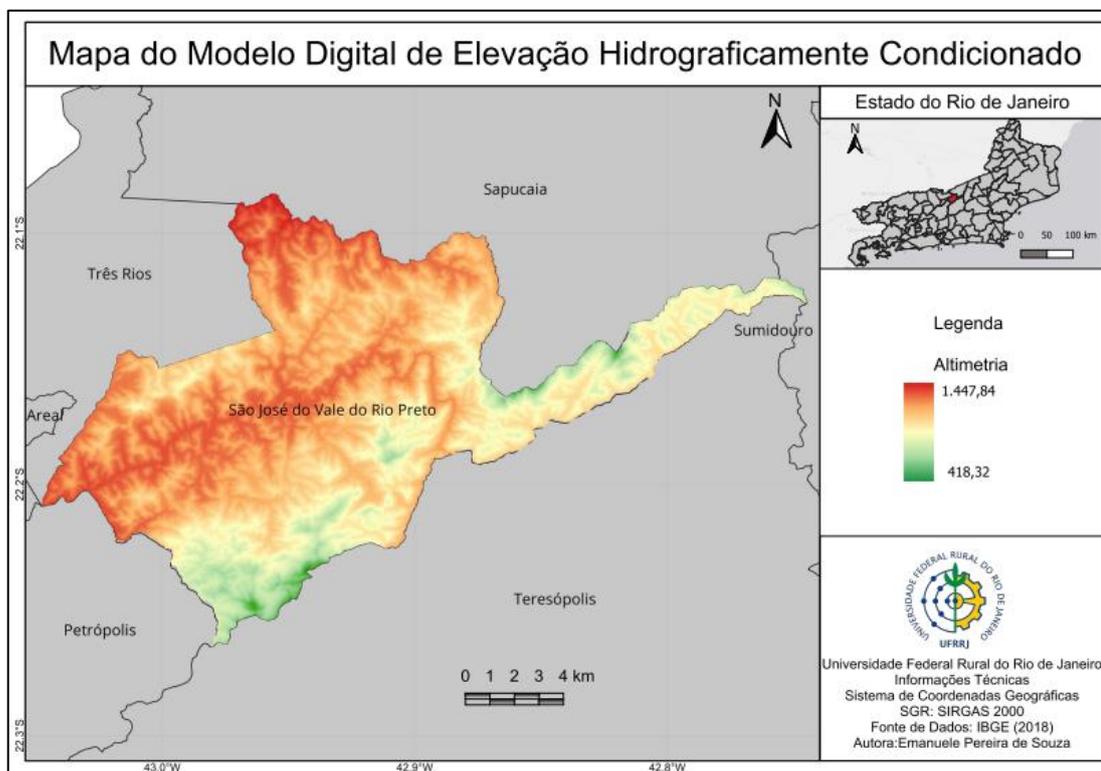
Figura 14 - Vista transversal da correção de uma depressão espúria.



Fonte: ESRI (2022).

Esse processo resultou em um Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado – MDEHC, Figura 15 retrata o MDEHC (Apêndice A).

Figura 15 - Mapa do Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado.



Fonte: A autora (2023).

A partir do MDEHC, foi elaborado um mapa de declividade em porcentagem, com o auxílio da ferramenta *Slope* no *software* TerrSet. O mapa de declividade foi reclassificado de acordo com a classificação proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979), conforme o Tabela 1.

Tabela 1 -Classes de Declividade.

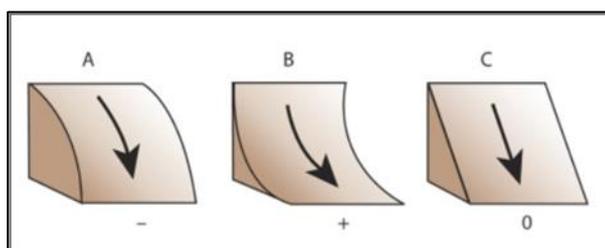
| <b>Classes</b>        | <b>Declividade</b> |
|-----------------------|--------------------|
| Plano                 | 0 - 3%             |
| Suavemente ondulado   | 3 - 8%             |
| Ondulado              | 8 - 20%            |
| Forte ondulado        | 20 - 45%           |
| Montanhoso            | 45 - 75%           |
| Fortemente montanhoso | > 75%              |

Fonte: EMBRAPA (1979).

A morfologia foi obtida por meio da ferramenta *Curvature* no software ArcGIS. Nesse processo, são gerados dois tipos de curvatura: a *Profile*, paralela à direção máxima do terreno, e a *Planform*, perpendicular à direção da direção máxima do terreno. A aceleração e desaceleração do escoamento superficial no terreno são influenciadas pela curvatura *Profile*, enquanto a curvatura *Planform* afeta a convergência e divergência do fluxo em uma superfície.

Realizou-se uma subdivisão do perfil (*Profile*) e do plano (*Planform*) gerados, classificando-os em três categorias: côncavo com curvatura (negativa), convexo com curvatura zero e plano com curvatura (positiva). A Figura 16 apresenta os três tipos de curvaturas gerados.

Figura 16 – Tipos de Curvaturas.



Fonte: Adaptado de ArcGIS (2010).

Posteriormente, foram combinados utilizando a ferramenta *Combine*, resultando no mapa morfológico com 9 classes.

O uso e cobertura do solo influenciam tanto na velocidade do escoamento superficial quanto na retenção de água. A vegetação ou áreas mais arborizadas, por exemplo, exercem um impacto significativo na capacidade do solo de atuar como um reservatório de água (OLIVEIRA, 2023). Esses elementos desaceleram o escoamento superficial, permitindo uma maior infiltração no solo e contribuindo para a retenção hídrica. Portanto, a cobertura do solo desempenha um papel determinante na dinâmica hidrológica e na capacidade de regulação do ciclo da água (TUCCI, 2005).

Os dados de uso e cobertura do solo foram recortados no software QGIS a partir de um *raster* disponibilizado pela *Esri* com resolução de 10m, para o ano de 2022. As classes foram mantidas como as classificadas pela *Esri*, bem como nomenclatura e cores. A partir do mapa de uso e cobertura do solo foi possível identificar a

existências de seis classes no município, tais classes e suas respectivas áreas estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de Uso e Cobertura do Solo, em 2022.

| <b>Classes</b>     | <b>Uso e Cobertura do Solo (ha)</b> |
|--------------------|-------------------------------------|
| Rios e Lagos       | 117,05                              |
| Pastagem           | 1.3618,81                           |
| Vegetação          | 6.977,79                            |
| Área Urbanizada    | 1.376,43                            |
| Agricultura        | 54,13                               |
| Vegetação Inundada | 0,77                                |

Fonte: A autora (2023).

O projeto *Esri 10-Meter Land Cover* que teve seu desenvolvimento por meio de imagens de satélite Sentinel-2, da *European Space Agency* (Agência Espacial Europeia – ESA), utilizando o método classificador baseado em *machine learning*. Esse projeto foi desenvolvido em colaboração com a *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), *Impact Observatory* e a empresa *Microsoft* americana (KARRA, KONTGIS, et al. 2021).

### 3.3.3 Padronização dos fatores

Os mapas referentes aos fatores de interesse confeccionados, distância da hidrografia, declividade, morfologia e uso e cobertura do solo, foram selecionados e combinados de forma ponderada, utilizando a lógica Fuzzy, no *software* TerrSet. Segundo Marro et al. (2010), o funcionamento da lógica Fuzzy, pode ser considerada como um conjunto de princípios matemáticos para a representação do conhecimento, baseado no grau de pertinência dos termos, assumindo valores [0,1], onde 0 significa que um elemento não pertence a um determinado conjunto, 1 significa completa pertinência ao conjunto, e valores entre 0 e 1 representam graus parciais de pertinências, desse modo uma determinada sentença pode ser parcialmente verdadeira e parcialmente falsa, podendo ter graus de pertinências diferentes de 0 para mais de um conjunto Fuzzy. Para economizar memória (uma vez que este intervalo é real), pode ser

convertida para uma escala em bytes de 0 a 255, dessa forma, a escala byte foi utilizada neste trabalho.

Dessa forma, foram atribuídos valores próximos ou iguais a 255 aos *pixels* que representam as áreas, cujo fator em análise, favorece as inundações. Para padronizar os valores dos fatores selecionados, fez-se uma reclassificação desses valores para uma escala fuzzy variando de 0 a 255. As classes reescaladas de cada um dos fatores estão representadas nos Quadros 7, 8 e 9.

Quadro 7 - Padronização das classes de declividades à escala fuzzy de suscetibilidade.

| <b>Classes</b> | <b>Suscetibilidade</b>        |
|----------------|-------------------------------|
| 0 – 3%         | Plano (Alto) 255              |
| 3 – 8%         | Suave – Ondulado (Alto) 240   |
| 8 – 20%        | Ondulado (Média) 220          |
| 20 – 45%       | Forte – Ondulado (Baixa) 100  |
| 45 – 75%       | Montanhoso (Baixa) 50         |
| > 75           | Forte – Montanhoso (Baixa) 30 |

Fonte: A autora (2023).

Quadro 8 - Padronização das classes de morfologia à escala fuzzy de suscetibilidade.

| <b>Classes</b>   | <b>Suscetibilidade</b> |
|------------------|------------------------|
| Côncavo-Plano    | (Média) 125            |
| Côncavo-Côncavo  | (Alta) 240             |
| Côncavo-Convexo  | (Média) 125            |
| Convexo- Convexo | (Baixa) 50             |
| Plano-Convexo    | (Média) 120            |
| Convexo-Côncavo  | (Média) 80             |
| Convexo- Plano   | (Média) 80             |
| Plano-Côncavo    | (Alta) 170             |
| Plano-Plano      | (Alta) 255             |

Fonte: A autora (2023).

Quadro 9 - Padronização das classes de uso e cobertura do solo à escala fuzzy de suscetibilidade.

| <b>Classes de Uso e Cobertura do Solo</b> | <b>Suscetibilidade</b> |
|---|------------------------|
| Rios e Lagos                              | (Muito Alta) 255       |
| Pastagem                                  | (Baixa à Média) 200    |
| Vegetação                                 | (Baixa) 120            |
| Área Urbanizada                           | (Alta) 250             |
| Agricultura                               | (Alta) 250             |
| Vegetação Inundada                        | (Muito Alta) 255       |

Fonte: A autora (2023).

Para o mapa de distância a partir da hidrografia foi aplicada a função *J-Shaped*, onde regiões mais próximas aos rios obtiveram valores mais altos de suscetibilidade do que regiões mais distantes dos rios.

### 3.3.4 Agregação dos fatores

Para se estabelecer as áreas de suscetibilidade a inundação, os fatores elaborados foram ponderados e hierarquizados. Assim, a análise multicritério foi realizada por meio do método denominado (AHP) que, segundo Caldas, Silva e Santos (2019), subsidia a atribuição dos pesos de cada fator, objetivando a contribuição relativa de cada um na integração dos dados. O método (AHP) utiliza a matriz de comparação pareada, para atribuir os valores de importância para cada fator.

Na estrutura (AHP), as variáveis com maior importância exercem sua influência sobre as variáveis dos níveis inferiores. Dessa forma, uma matriz de comparação entre critérios foi desenvolvida, avaliando a importância relativa de cada variável em relação à suscetibilidade a inundações.

Na comparação, utilizou-se uma escala de pesos de 1/9 a 9, conforme Saaty (2008), varia desde extremamente menos importante até extremamente mais importante, com possibilidade de valores intermediários. Essa abordagem permitiu uma análise ponderada e hierárquica dos fatores relevantes para compreender a suscetibilidade a inundações.

Os Quadros 10 e 11 apresentam, respectivamente, os pesos atribuídos e a matriz desenvolvida para este estudo. Esse método de combinação ponderada permite integrar os diferentes fatores de forma sistemática, considerando a importância relativa de cada um, resultando em uma avaliação composta mais abrangente.

Quadro 10 - Pesos comparativos para a matriz AHP.

| <b>Pesos</b> | <b>Descrição</b>               |
|--------------|--------------------------------|
| 1/9          | Extremamente menos importante  |
| 1/7          | Fortemente menos importante    |
| 1/5          | Menos importante               |
| 1/3          | Moderadamente menos importante |
| 1            | Igualmente importante          |
| 3            | Moderadamente mais importante  |
| 5            | Mais importante                |
| 7            | Fortemente mais importante     |
| 9            | Extremamente mais importante   |

Fonte: Saaty (1990).

Quadro 11 - Importância relativa entre os fatores.

| <b>Fatores</b>           | <b>Distância da Hidrografia</b> | <b>Declividade</b> | <b>Morfologia</b> | <b>Uso e cobertura do solo</b> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------|
| Distância da Hidrografia | 1                               |                    |                   |                                |
| Declividade              | 1/2                             | 1                  |                   |                                |
| Morfologia               | 1/2                             | 1/2                | 1                 |                                |
| Uso e cobertura do solo  | 1/3                             | 1/2                | 1/3               | 1                              |

Fonte: A autora (2023).

Após o preenchimento da matriz de comparação, procedeu-se ao cálculo do autovalor e do seu autovetor correspondente. O autovetor fornece uma ordem de prioridade ou classificação das características comprovadas, conforme Saaty (1980), esse resultado é crucial para a avaliação dos fatores, pois foi utilizado para definir a importância relativa de cada característica e sua prioridade na análise.

O autovalor, por sua vez, é uma medida que permitiu avaliar a consistência ou qualidade da solução obtida. Essa é uma vantagem significativa do método, pois oferece a capacidade de verificar a consistência das avaliações e prioridades previstas durante o processo analítico. Para que uma matriz seja considerada consistente, é fundamental que seu autovalor máximo seja aproximadamente igual à sua ordem,  $n$ . Quanto maior for essa proximidade, melhor será o resultado da consistência. Dessa forma, foram calculados o Índice de Consistência (IC) e a Razão de Consistência (RC) utilizando as equações 1 e 2.

$$IC = (\lambda_{\text{máx}} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

$$RC = IC / CA \quad (2)$$

Onde:

$\lambda_{\text{máx}}$  = maior autovalor;

$n$  = ordem da matriz;

$CA$  = consistência aleatória, randômica.

Para concluir sobre a consistência da matriz, o índice IC deve ser comparado com um índice aleatório de consistência CA, correspondente à média dos índices de consistência obtidos a partir de 500 matrizes de comparações de ordem  $n$  cujos valores foram selecionados aleatoriamente da escala (1/9, 9). Valores do Índice Randômico (IR) para matrizes de diferentes ordens estão apresentados na Tabela 3 (SAATY, 1980)

Tabela 3 - Valores tabelados de IR em relação ao número de variáveis

| N  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|----|------|------|------|------|------|------|
| IR | 0,00 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 |

Fonte: Saaty (1980)

Os pesos calculados da matriz AHP estão apresentados no Quadro 12. Além disso, foi calculado a Razão de Consistência (RC), e obteve-se um valor de 0,05, o que é considerado aceitável, uma vez que o valor limite para RC proposto por Saaty (1980) é 0,1. Esse indicador reforça a consistência e robustez das decisões resultantes do processo de análise hierárquica, validando a confiabilidade dos pesos atribuídos a diferentes fatores no modelo. Com uso da álgebra de mapas, foi feita a combinação linear ponderada para o mapa de suscetibilidade.

Quadro 12 - Peso atribuídos aos fatores.

| Fator                    | Peso   |
|--------------------------|--------|
| Distância da Hidrografia | 0,4100 |
| Declividade              | 0,2693 |
| Morfologia               | 0,2119 |
| Uso e cobertura do solo  | 0,1088 |

Fonte: A autora (2023).

### 3.3.5 Elaboração do mapa de suscetibilidade a inundação

Os fatores foram agregados por meio da combinação linear ponderada (*Weighted Linear Combination - WLC*), ainda no *software* TerrSet, onde cada fator padronizado foi multiplicado pelo seu peso correspondente e posteriormente foi realizada a soma dos fatores. A combinação ponderada é calculada para cada *pixel* na imagem e permite a compensação entre os fatores, considerando seus respectivos pesos.

Com a ferramenta *Image Calculator – Map Algebra and Logic Modele* onde se realiza a álgebra de mapas, foi feita a combinação linear ponderada para o mapa de suscetibilidade a inundações, conforme a Equação 3.

$$\text{Mapa de suscetibilidade} = [\text{Distância Hidrográfica}] \times 0,4100 + [\text{Declividade}] \times 0,2693 + [\text{Morfologia}] \times 0,2119 + [\text{Uso e Cobertura do Solo}] \times 0,1088$$

### 3.3.6 Proporção de locais para construção de parques lineares

Inicialmente, uma das primeiras etapas desse processo consiste na realização de um estudo de viabilidade, seguido da elaboração de um projeto técnico, que requer a colaboração de uma equipe multidisciplinar. A segunda etapa envolve a obtenção da licença ambiental e a subsequente execução do projeto. Por fim, a terceira etapa abrange a manutenção, que pode implicar custos administrativos adicionais.

A aplicação desse tipo de parque linear pode ser viável em diversas situações, incluindo locais onde rios e córregos foram ocupados de forma irregular ou áreas que requerem preservação ambiental, bem como em espaços livres que estão suscetíveis

a ocupações irregulares e áreas propensas a inundações (ABCP, 2013). Dessa forma, a partir das regiões de maior suscetibilidade à inundação e área mínima de 10 ha, foram mapeados os locais propícios para construção de parques lineares, no *software* TerrSet. A proposição do valor de 10 ha como área mínima para alocação de um parque linear baseou-se nos valores encontrados na literatura para os parques existentes.

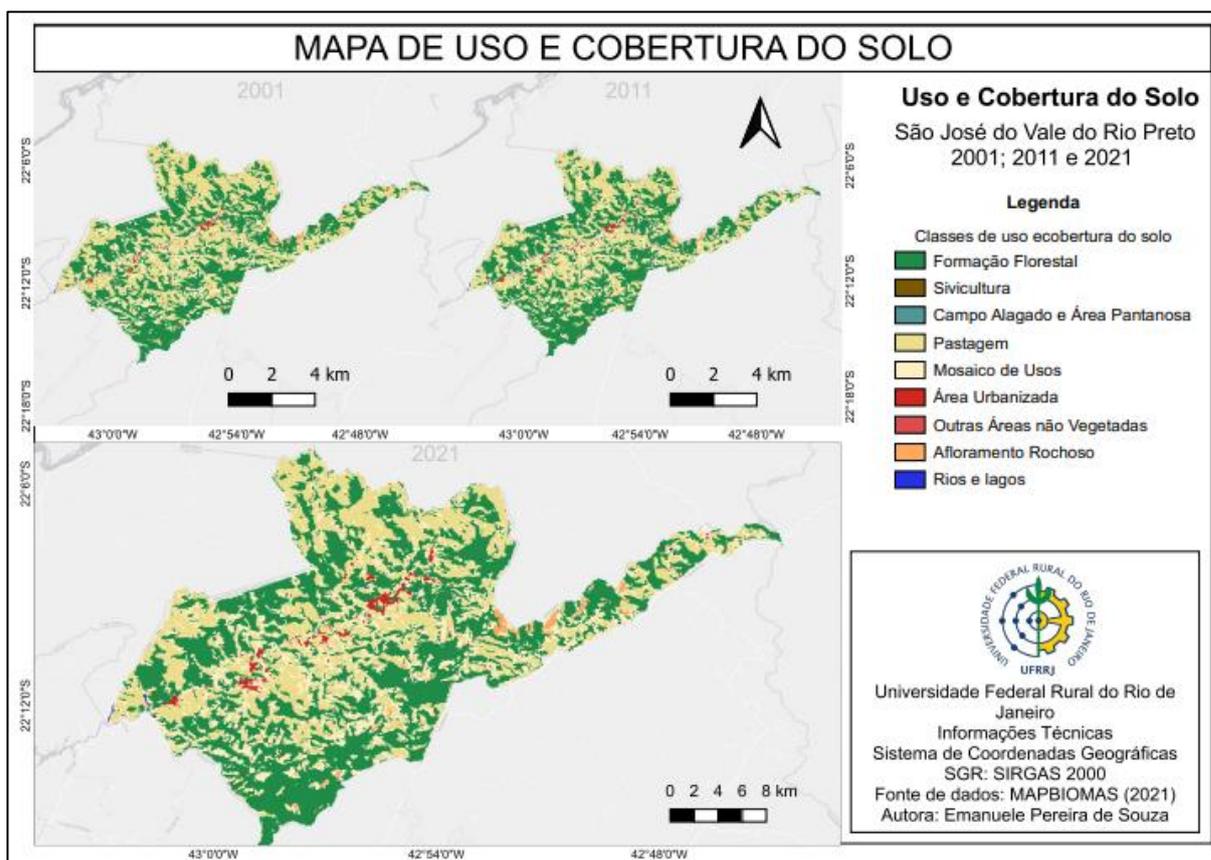
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas gerados para os fatores escolhidos neste trabalho, incluindo o mapa de suscetibilidade a inundações, mapa de áreas propícias para construção do parque linear, bem como o de análise de uso e cobertura do solo, estão disponíveis nos Apêndices A, B, C, D, F, G, H, I, J, K, L e M na seção de apêndice.

### 4.1 USO E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO

O uso e a cobertura do solo desempenham um papel crucial na influência tanto na velocidade do escoamento superficial quanto na retenção de água. A presença de vegetação ou áreas arborizadas tem um impacto significativo na capacidade do solo de atuar como reservatório de água. Por meio do mapa de uso e cobertura do solo fornecido pelo MapBiomas das coleções dos anos de 2001, 2011 e 2021 (Figura 17; Apêndice B).

Figura 17 - Alterações no uso e cobertura do solo nos anos de 2001; 2011 e 2021 em São José do Vale do Rio Preto, RJ.



Fonte: A autora, 2023.

Foi possível identificar a existência de nove classes no município de SJVRP. As classes e suas respectivas áreas estão detalhadas na Tabela 4, 5 e 6. As classes são: Formação Florestal; Silvicultura; Campo Alagado e Área Pantanosa; Pastagem; Agropecuária; Áreas Urbanizadas; Outras Áreas não vegetadas; Afloramento Rochoso; Rios e Lagos.

Tabela 4 - Áreas ocupadas de acordo com suas classes no ano de 2001.

| Classes                        | Área em km <sup>2</sup> | % da Área Total (continua) |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Formação Florestal             | 100,91                  | 45,92                      |
| Silvicultura                   | 0,00                    | 0,00                       |
| Campo Alagado e Área Pantanosa | 0,01                    | 0,00                       |

| <b>Classes</b>             | <b>Área em km<sup>2</sup></b> | <b>% da Área Total (continua)</b> |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Pastagem                   | 69,68                         | 31,70                             |
| Agropecuária               | 45,12                         | 20,53                             |
| Área Urbanizada            | 1,31                          | 0,60                              |
| Outras Áreas não Vegetadas | 0,08                          | 0,04                              |
| Afloramento Rochoso        | 2,05                          | 0,93                              |
| Rio e Lago                 | 0,61                          | 0,28                              |
| Total                      | 219,78                        | 100                               |

Fonte: A autora, 2023.

Tabela 5 - Áreas ocupadas de acordo com suas classes no ano de 2011.

| <b>Classes</b>                 | <b>Área em km<sup>2</sup></b> | <b>% da Área Total</b> |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Formação Florestal             | 105,65                        | 48,07                  |
| Silvicultura                   | 0,06                          | 0,03                   |
| Campo Alagado e Área Pantanosa | 0,00                          | 0,00                   |
| Pastagem                       | 61,66                         | 28,05                  |
| Agropecuária                   | 48,00                         | 21,84                  |
| Área Urbanizada                | 1,49                          | 0,68                   |
| Outras Áreas não Vegetadas     | 0,25                          | 0,11                   |
| Afloramento Rochoso            | 1,70                          | 0,77                   |

| <b>Classes</b> | <b>Área em km<sup>2</sup></b> | <b>% da Área Total</b> |
|----------------|-------------------------------|------------------------|
| Rio e Lago     | 0,97                          | 0,44                   |
| Total          | 219,78                        | 100                    |

Fonte: A autora, 2023.

Tabela 6 - Áreas ocupadas de acordo com suas classes no ano de 2021.

| <b>Classes</b>                 | <b>Área em km<sup>2</sup></b> | <b>% da Área Total</b> |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Formação Florestal             | 102,19                        | 46,50                  |
| Silvicultura                   | 0,23                          | 0,10                   |
| Campo Alagado e Área Pantanosa | 0,05                          | 0,02                   |
| Pastagem                       | 57,39                         | 26,11                  |
| Agropecuária                   | 54,27                         | 24,69                  |
| Área Urbanizada                | 2,33                          | 1,06                   |
| Outras Áreas não Vegetadas     | 0,63                          | 0,29                   |
| Afloramento Rochoso            | 2,31                          | 1,05                   |
| Rio e Lago                     | 0,36                          | 0,16                   |
| Total                          | 219,78                        | 100                    |

Fonte: A autora, 2023.

Com base nos dados apresentados pode-se observar mudanças no uso e cobertura do solo do município entre os anos de 2001; 2011 e 2021 e a expansão da mancha urbana: houve um regresso de 1,57% nas áreas com formações florestais do

município e as áreas de pastagem também em 1,94%. Por outro lado, houve um crescimento na área urbanizada entre os anos de 2011 e 2021 de 0,38%.

Além disso, os dados observados nas Tabelas 6 e 7 indicam um crescimento de 0,18% em áreas não vegetadas, 2,85% em áreas com agropecuária e um crescimento de 0,28% em áreas com afloramentos rochosos no período de 2011 a 2021. Essas mudanças refletem transformações no uso do solo no município durante o período de uma década.

O crescimento do município de SJVRP, em especial a expansão horizontal, acaba por modificar o uso e cobertura do solo de determinadas regiões, principalmente as regiões próximas aos cursos d'água, tendo em vista que pastagens ou áreas cobertas por vegetação são, muitas vezes, substituídas por edificações, vias, calçadas e pavimentos diversos. O impacto dessas transformações no município de SJVRP pode trazer diversas dificuldades ao cenário atual, como as alterações de uso e manejo do solo.

Mesmo que a expansão urbana seja um processo comum a grande parte das cidades, geralmente, ocorre sem o devido planejamento, fato este que pode acarretar danos não somente para a região que recebeu um novo uso, mas para a cidade de forma geral, principalmente no que tange as regiões afetadas pelas inundações, uma vez que pode haver a sobrecarga ao sistema de drenagem existente, o qual não foi dimensionado para a nova demanda.

## 4.2 CONJUNTO DE DADOS GEOGRÁFICOS E FATORES QUE INFLUENCIAM A SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÕES

### 4.2.1 Declividade

A declividade refere-se ao grau de inclinação do relevo em relação ao plano horizontal e quanto maior a declividade do terreno, maior a velocidade e capacidade de transporte das águas pluviais. Com base nos resultados obtidos a partir da classificação da declividade obtivemos os dados, conforme apresentado na Tabela 7.

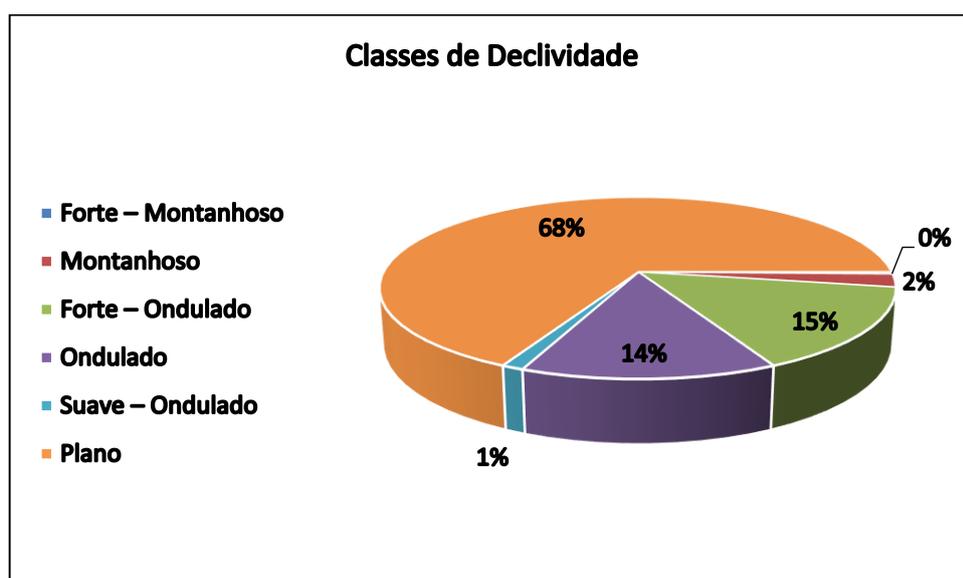
Tabela 7 - Suscetibilidade de acordo com as classes de declividade.

| <b>Classes</b>                | <b>Suscetibilidade</b> | <b>Área (ha)</b> |
|-------------------------------|------------------------|------------------|
| 0 – 3%<br>Plano               | Alta                   | 4.1116,04        |
| 3– 8%<br>Suave - Ondulado     | Alta                   | 713,13           |
| 8 – 20%<br>Ondulado           | Média                  | 8.250,88         |
| 20 – 45%<br>Forte – Ondulado  | Baixa                  | 9.090,17         |
| 45 – 75%<br>Montanhoso        | Baixa                  | 1.420,89         |
| > 75<br>Forte –<br>Montanhoso | Baixa                  | 212,05           |

Fonte: A autora, 2023

De acordo com os dados no município há duas classes de declividade com suscetibilidade alta, uma média e três baixas, as classes bem como suas áreas estão detalhadas e demonstram que uma extensão grande do município se encontra em uma classe de suscetibilidade alta. Em uma planilha eletrônica foi colocado os valores obtidos em porcentagem e elaborado o Gráfico 2, onde ilustra de as classes detalhadas visualmente.

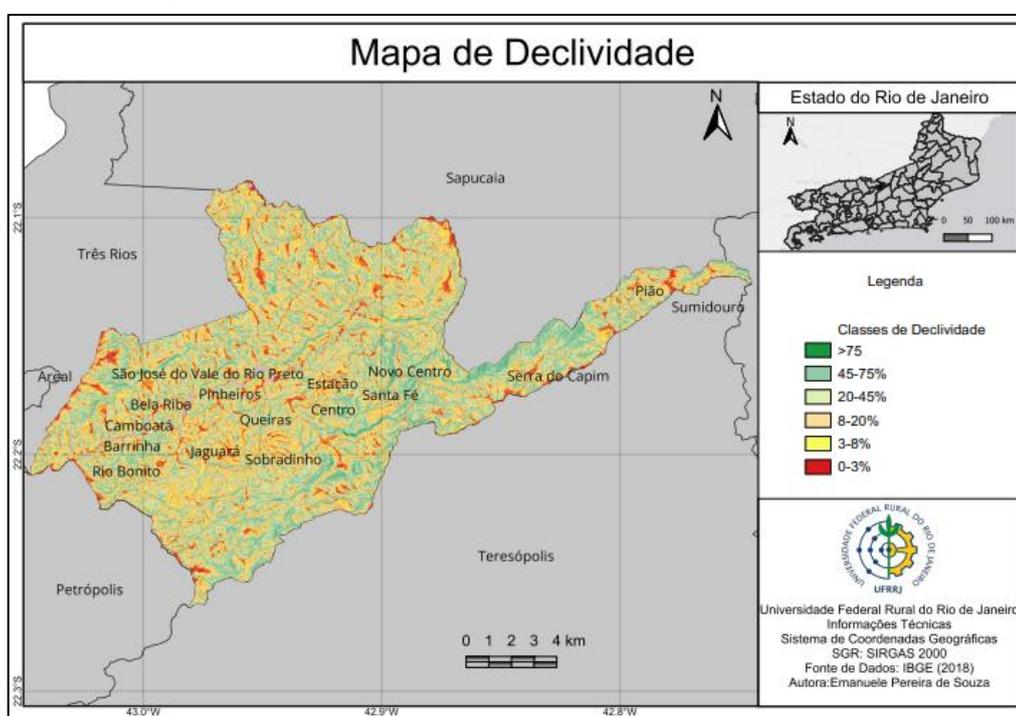
Gráfico 2 - Suscetibilidade de acordo com as classes de declividade e suas representações em porcentagem.



Fonte: A autora (2023).

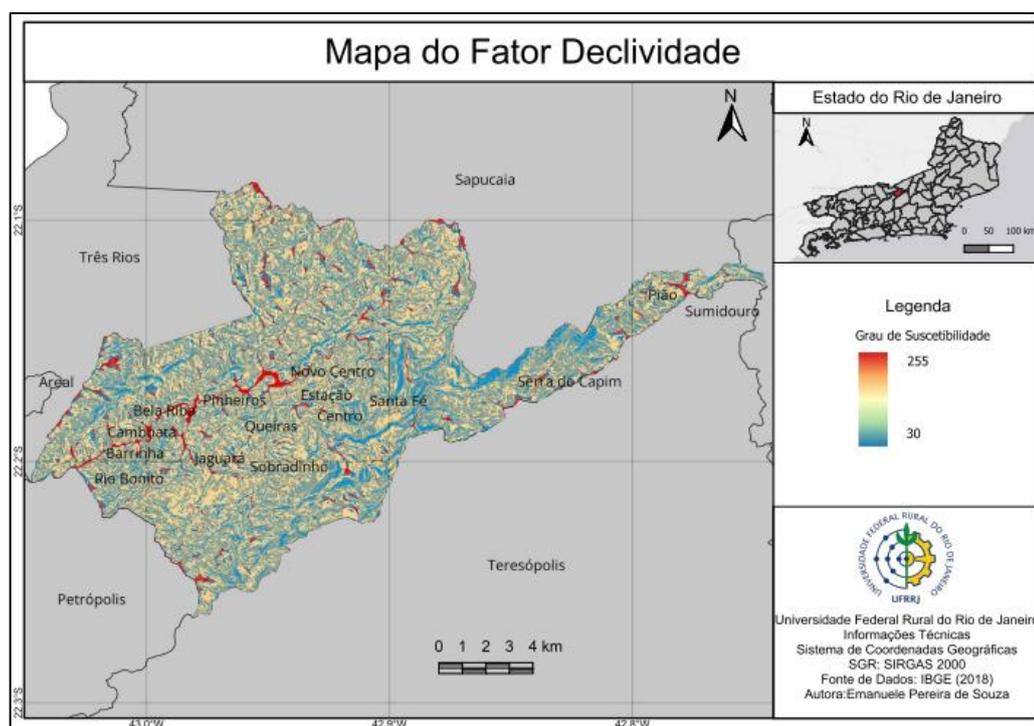
Destaca-se que 68% da área demonstra uma situação de suscetibilidade alta, enquanto 14% possuem suscetibilidade média, 15% apresentam uma suscetibilidade baixa. Esses percentuais podem ser explicados pelo fato de o município possuir topografia acidentada, onde a população ocupa as partes mais baixas do relevo. Além disso, observa-se que apenas 1% do município possui topografia com declividade muito alta, possuindo, portanto suscetibilidade baixa para inundações, como mostra a Figura 18 (Apêndice C).

Figura 18 -Mapa de declividade de São José do Vale do Rio Preto.



Essa distribuição das classes de declividade ressaltam a predominância de áreas com declividades mais acentuadas, indicando um baixo potencial de suscetibilidade em grande parte do território municipal. Os bairros Estação, Centro e Pinheiros, por estarem próximos aos rios, portanto em declividade mais baixa, possuem significativa suscetibilidade a inundações declividade. A Figura 19 (Apêndice D) retrata o fator declividade gerado após a aplicação fuzzy evidenciando as classes de suscetibilidade.

Figura 19 - Mapa do fator declividade gerado.



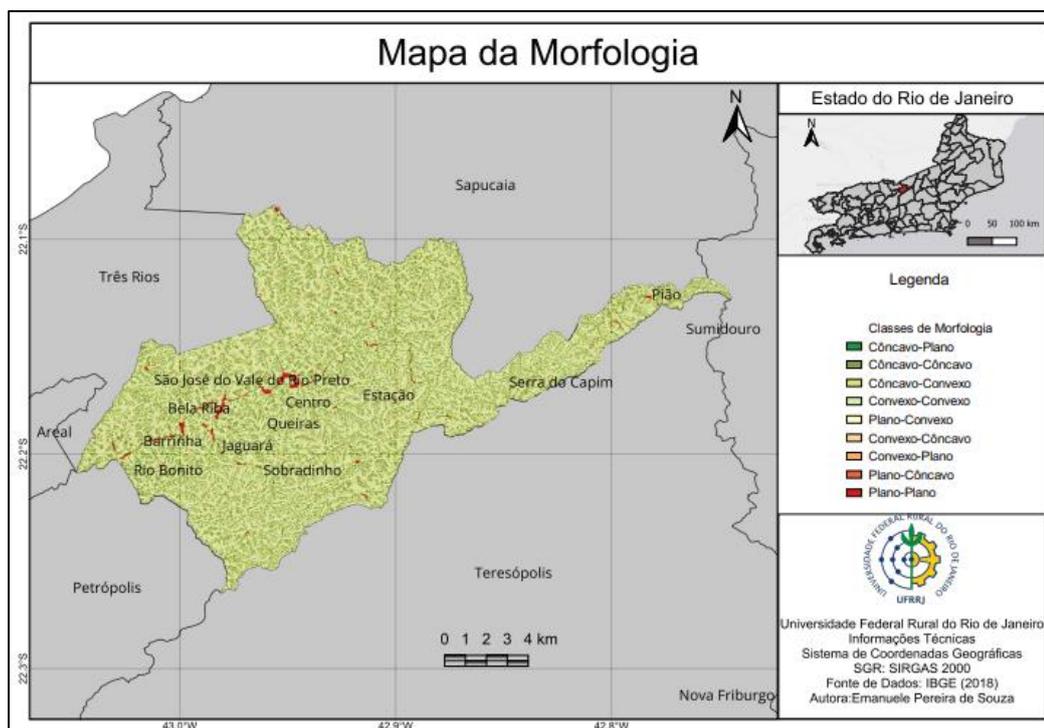
Fonte: A autora (2023).

O fator declividade gerado especifica as áreas com suscetibilidade maior após a aplicação fuzzy evidenciando o grau de suscetibilidade, de acordo com os dados gerados o grau de suscetibilidade varia de 30 à 255, onde 30 a suscetibilidade é baixa e 255 alta. As áreas mais próximas aos rios e trechos de drenagem evidenciam um grau maior e de acordo com o mapa, os bairros próximos a esses locais são: Novo Centro; Pinheiros; Estação; Bela Riba, Camboata e Barrinha, locais esses sendo destacados com grau alto de suscetibilidade.

#### 4.2.2 Morfologia

A morfologia e suas 9 classes estão detalhadas no mapa gerado, conforme apresentado na Figura 20 (Apêndice E). As classes são: côncavo-plano; côncavo-côncavo; côncavo-convexo; convexo-convexo; plano-convexo; convexo-côncavo; convexo-plano; plano-côncavo e plano-plano.

Figura 20 - Mapa da Morfologia de São José do Vale do Rio Preto.



Fonte: A autora (2023).

A morfologia do município apresenta áreas que alta suscetibilidade, são essas da classe côncavo/côncavo; plano-côncavo e plano-plano. Tabela 8, foi possível observar essa predominância de áreas com alta suscetibilidade.

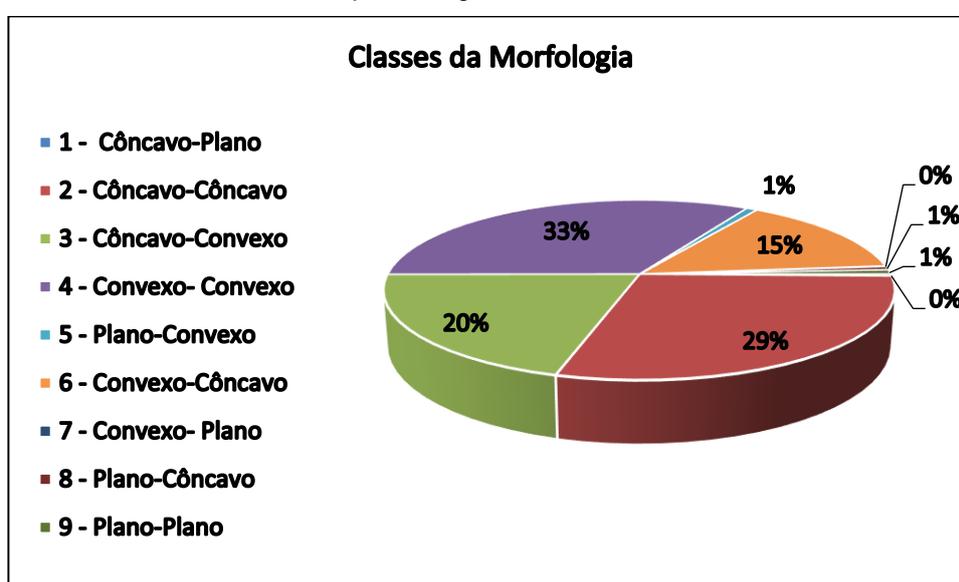
Tabela 8 - Suscetibilidade de acordo com a morfologia.

| <b>Classes</b>   | <b>Suscetibilidade</b> | <b>Área (ha)</b> |
|------------------|------------------------|------------------|
| Côncavo-Plano    | Média                  | 75,54            |
| Côncavo-Côncavo  | Alta                   | 6446,57          |
| Côncavo-Convexo  | Média                  | 4539,80          |
| Convexo- Convexo | Baixa                  | 7350,67          |
| Plano-Convexo    | Média                  | 179,23           |
| Convexo-Côncavo  | Média                  | 3213,07          |
| Convexo- Plano   | Média                  | 21,73            |
| Plano-Côncavo    | Alta                   | 137,30           |
| Plano-Plano      | Alta                   | 179,43           |

Fonte: A autora, 2023.

De acordo com os dados, a classe côncavo-côncavo abrange uma área relativamente grande de aproximadamente 6446,57 hectares, as classes plano-côncavo e plano-plano correspondem a áreas menores, com respectivamente 137,30 e 179,43 hectares. As classes com suscetibilidade média correspondem a aproximadamente uma área total de 8029,37 hectares. Esses dados demonstram que a morfologia do município influencia na suscetibilidade. O Gráfico 3 ilustra as classes de morfologia e detalha as porcentagens a que correspondem as classes.

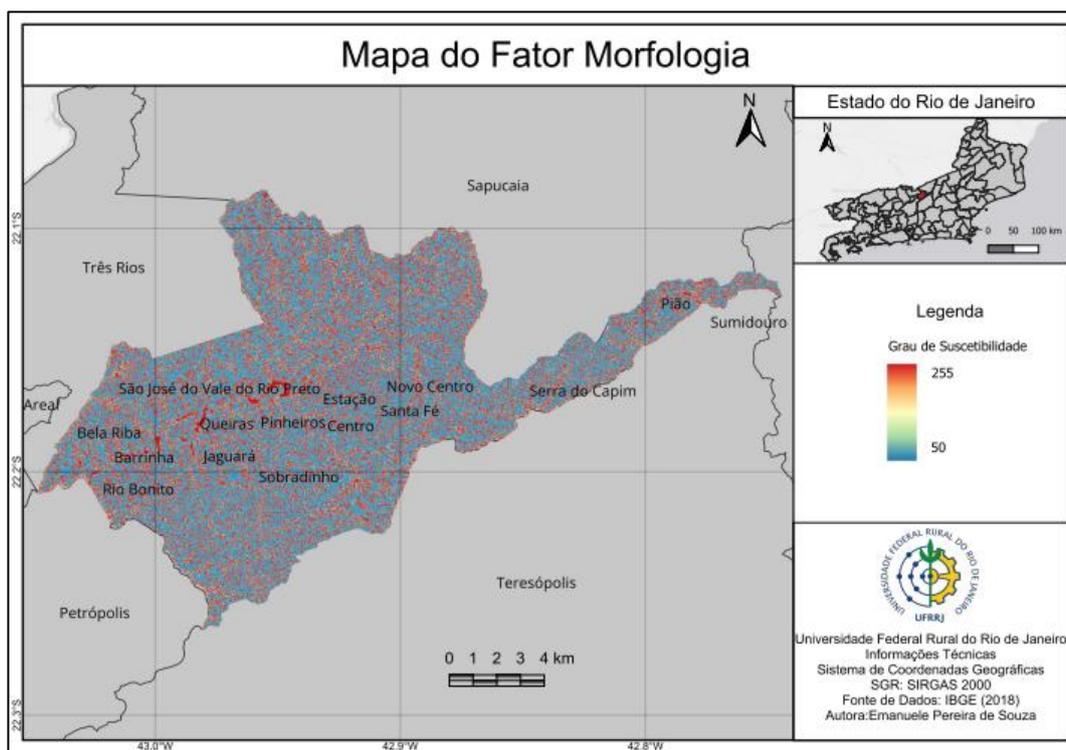
Gráfico 3 - Suscetibilidade de acordo com as classes de morfologia e suas representações em porcentagem.



Fonte: A autora, 2023.

As áreas que apresentam alta suscetibilidade são as da classe côncavo/côncavo, abrangendo 29% do município. As classes de suscetibilidade médias, correspondem a côncavo/convexo, representando 20% e a classe convexo-côncavo com 15% da área total do município, enquanto a classe de baixa suscetibilidade, associada à morfologia convexo-convexo, abrangeu 33% da área total. A Figura 21 (apêndice F) retrata o fator morfologia gerado com a escala fuzzy para aplicação da (AHP).

Figura 21 - Mapa do fator morfologia gerado.



Fonte: A autora (2023).

O mapa com o fator morfologia gerado apresenta uma escala fuzzy com grau que varia de 50 à 255, onde 50 a suscetibilidade é baixa e 255 alta. De acordo com o mapa os bairros Pião; Queiras, Bela Riba e Barrinha estão em locais com grau de suscetibilidade maior. Esses resultados enfatizam a influência significativa de se analisar os dados da morfologia na distribuição espacial da suscetibilidade.

#### 4.2.3 Uso e cobertura do solo

De acordo com a classificação do uso e cobertura do solo, conforme apresentado na Tabela 9, foram encontradas 6 classes de uso e cobertura do solo são essas: Rios e lagos; Pastagem; Vegetação; Área urbanizada; Agricultura e Vegetação Inundada.

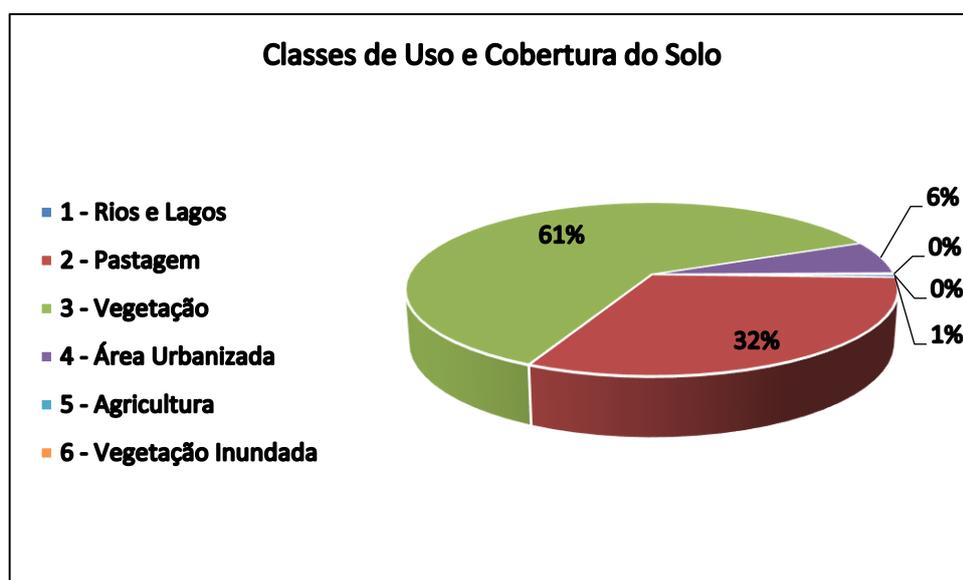
Tabela 9 - Suscetibilidade do uso e cobertura do solo em classes.

| <b>Classes</b>     | <b>Suscetibilidade</b> | <b>Área (ha)</b> |
|--------------------|------------------------|------------------|
| Rios e lagos       | Alta                   | 117,05           |
| Pastagem           | Média                  | 6977,79          |
| Vegetação          | Baixa                  | 13618,81         |
| Área urbanizada    | Alta                   | 1376,43          |
| Agricultura        | Alta                   | 54,13            |
| Vegetação Inundada | Baixa                  | 0,77             |

Fonte: A autora, 2023.

De acordo com a classificação, foi observada uma suscetibilidade baixa em uma área de aproximadamente 13618,81 hectares, correspondendo a 61% do município e representando principalmente a vegetação. O gráfico 4 ressalta as classes de uso e cobertura do solo e suas porcentagens no território analisado.

Gráfico 4 - Suscetibilidade de acordo com as classes de uso e cobertura do solo e suas representações em porcentagem.

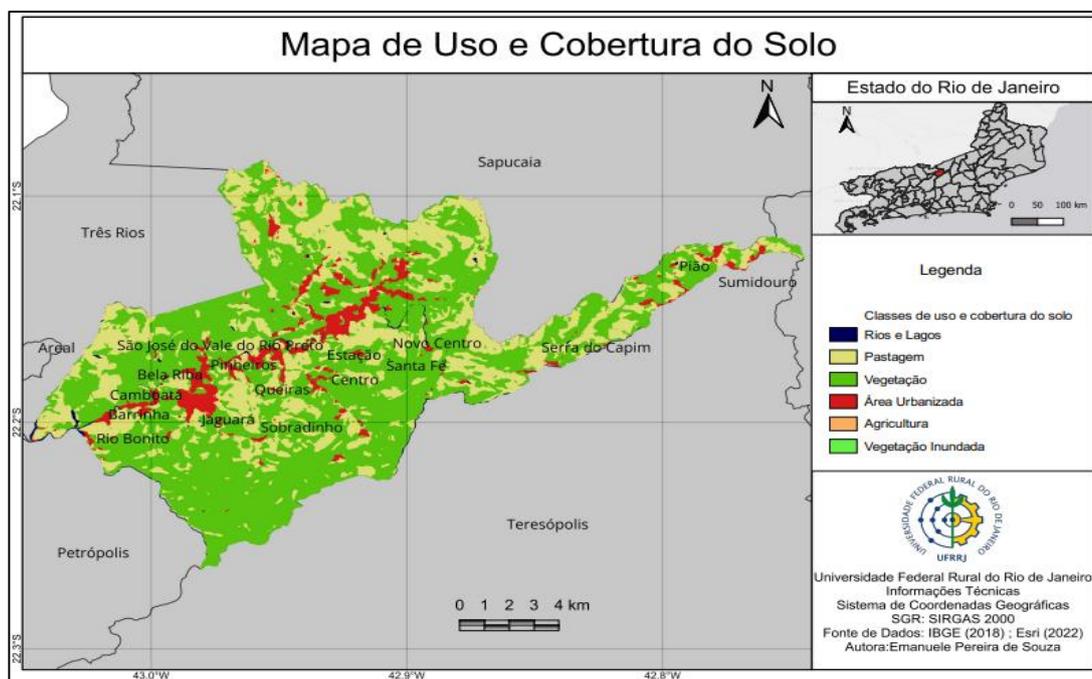


Fonte: A autora, 2023.

Constatou-se que 32% do município é composto por pastagens em uma área de aproximadamente 6977,79 hectares, aumentando a suscetibilidade. A análise também revelou que 7% do município apresenta uma suscetibilidade alta, abrangendo zonas urbanizadas e áreas destinadas à agricultura, enquanto 1% do município demonstra uma suscetibilidade muito alta, associada a classe de rios, lagos e regiões

inundadas. As 6 classes estão evidenciadas no mapa de uso e cobertura do solo, na Figura 22 (Apêndice G).

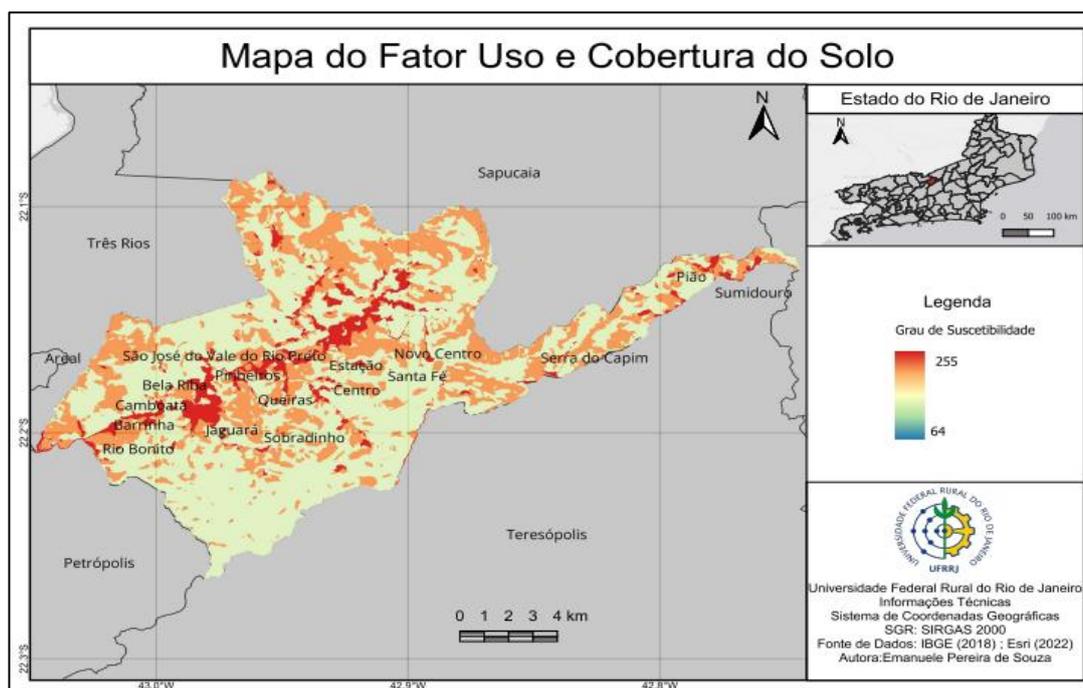
Figura 22 - Mapa de uso e cobertura do solo de São José do Vale do Rio Preto.



Fonte: A autora (2023).

A suscetibilidade do uso e cobertura do solo varia e seu uso influencia no grau de suscetibilidade, dessa forma esses resultados enfatizam a influência significativa de se analisar os dados do uso e cobertura do solo na distribuição espacial da suscetibilidade e o tamanho de suas áreas ocupadas de acordo com suas classes. A Figura 23 (Apêndice H) retrata com a escala fuzzy essa variação de suscetibilidade.

Figura 23 - Mapa do fator uso e cobertura do solo.



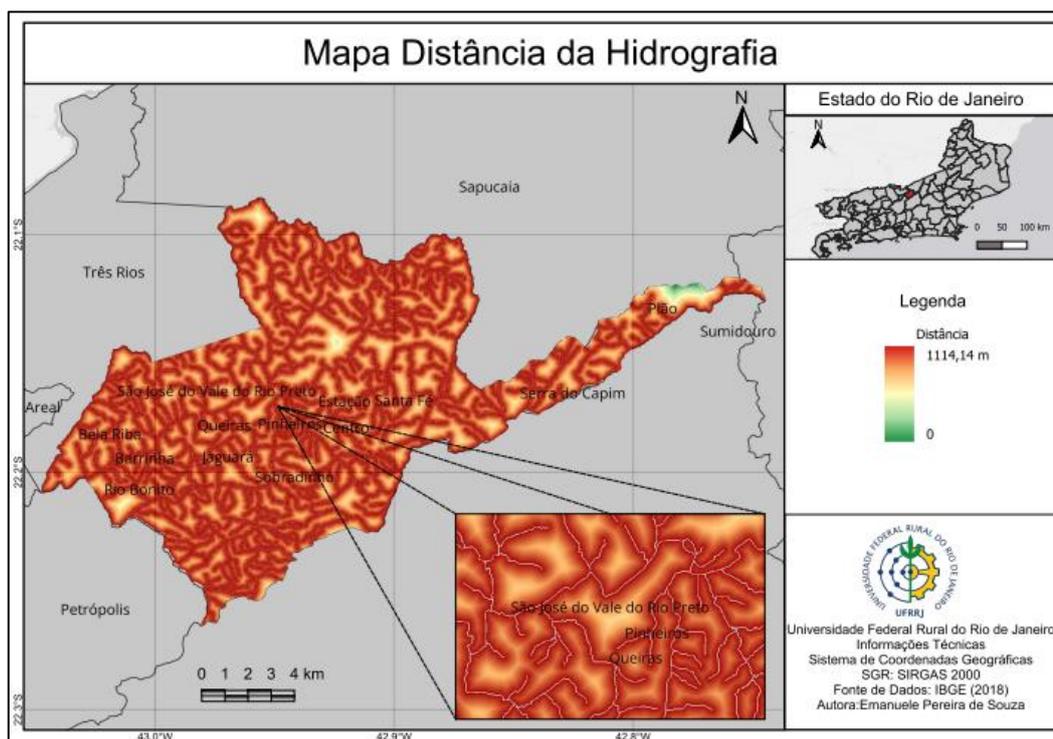
Fonte: A autora (2023).

O mapa com o fator uso e cobertura do solo retrata a escala fuzzy essa varia de 64 à 255 no grau de suscetibilidade, onde 64 a suscetibilidade é baixa e 255 alta. Esses mapas demonstram que as áreas mais urbanizadas do município se encontram em locais com rios e trechos de drenagem, locais estes com grau maior de suscetibilidade. Os bairros Estação; Centro; Pinheiros; Queiras; Bela Riba; Jaguará; Cambaata; Barrinha e Rio Bonito concentram boa parte da classe urbana, classificada com alta suscetibilidade.

#### 4.2.4 Distância da hidrografia

Conforme previsto, a relação entre a suscetibilidade à inundação e a distância de drenagem apresentou resultados diretamente correlacionados. A Figura 24 (Apêndice I) exemplifica as áreas ocupadas por trechos de drenagem com suas suscetibilidades.

Figura 24 - Mapa da distância da hidrografia.

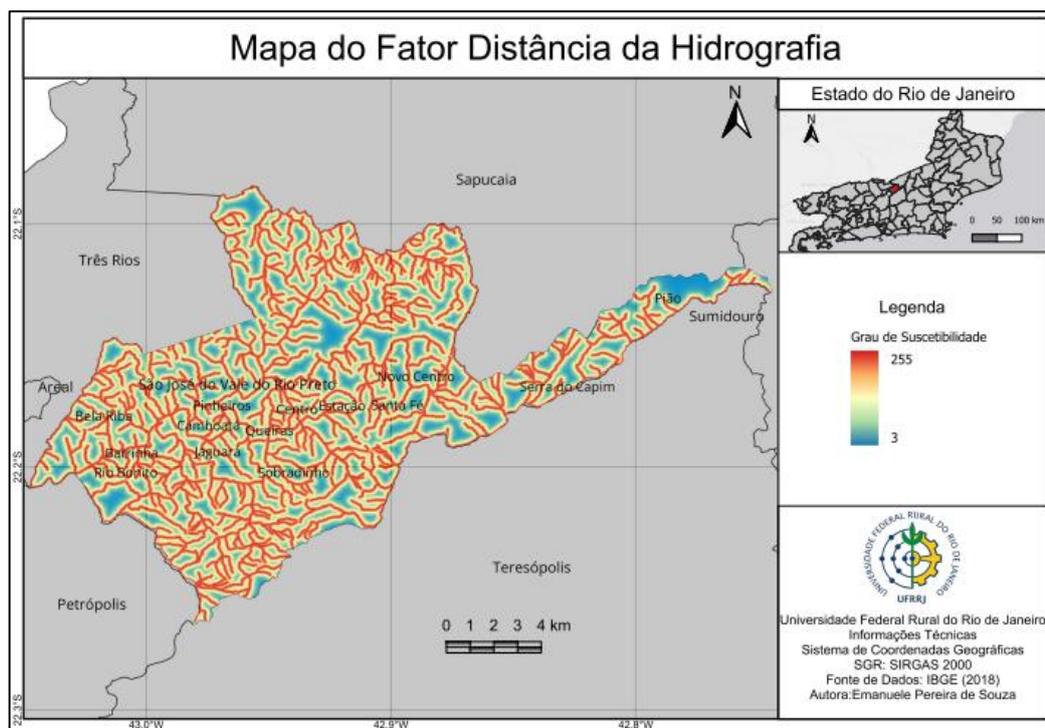


Fonte: A autora (2023).

O mapa com a distância da hidrografia detalha que o município tem boa parte do seu território composto por trechos de drenagem, no mapa a distância dos trechos de drenagem estão variando de 0 à 1114,14m, apresentando uma suscetibilidade mais baixa em 0 e alta em 1114,14m. A análise da distância da hidrografia os resultados enfatizam a influência significativa de se analisar os dados da hidrografia no território, fator esse diretamente relacionado a inundações.

A Figura 25 (Apêndice J) retrata o fator de distância da hidrografia gerado, o qual apresenta a suscetibilidade em relação a distância desses trechos de drenagem com padronização fuzzy.

Figura 25 - Mapa do fator distância da hidrografia gerado.



Fonte: A autora (2023).

Observa-se no mapa do fator distância da hidrografia o grau de susceptibilidade varia de 3 à 255, onde 3 a susceptibilidade é baixa e 255 alta. O demonstra que quanto mais próximo dos corpos d'água, maior é a susceptibilidade à inundação. O município apresenta grande parte de seu território coberto por vegetação e trechos de drenagem, os bairros estão concentrados em locais com trechos de drenagem.

Essa relação reforça a importância de considerar a proximidade de corpos d'água para avaliar a susceptibilidade a eventos de inundação na região, bem como prever medidas de controle eficientes e eficazes.

### 4.3 SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES

A análise de suscetibilidade a inundações detalha os locais mais suscetíveis a esses eventos. Os dados obtidos estão na Tabela 10, onde apresenta a suscetibilidade a inundações com suas classes e áreas ocupadas no território por essas classes.

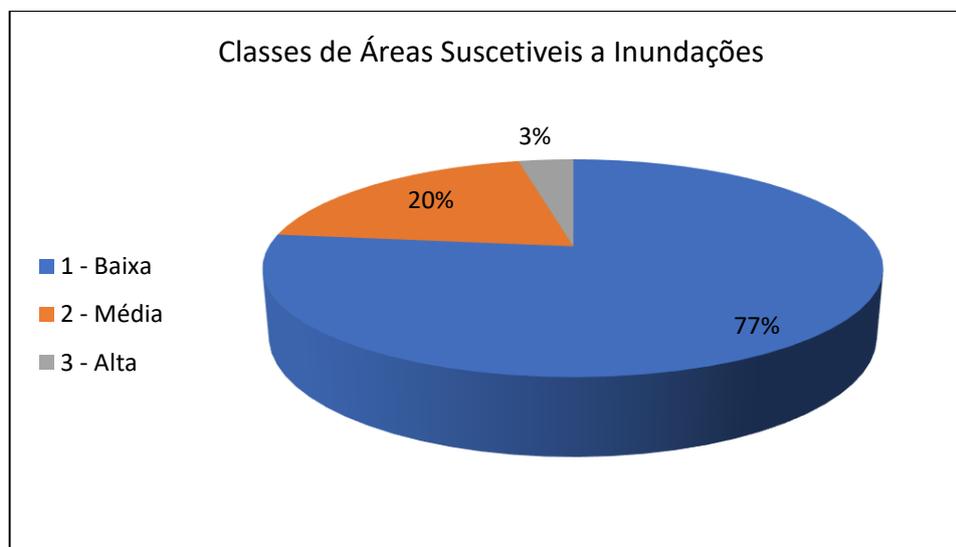
Tabela 10 - Suscetibilidade de acordo com as classes de inundações.

| Classes | Suscetibilidade | Área (ha) |
|---------|-----------------|-----------|
| 1       | Baixa           | 4.8286,22 |
| 2       | Média           | 1.2379,50 |
| 3       | Alta            | 2.182,84  |

Fonte: A autora, 2023.

Considerando as 3 variações de valores de suscetibilidade o município apresenta baixa suscetibilidade em uma área de aproximadamente 48.286,22 hectares, média suscetibilidade em uma área de 12.379,5 hectares e alta suscetibilidade em uma área de 2.182,84 hectares, conforme apresentado também no Gráfico 5, onde demonstra o percentual ocupado por essas áreas.

Gráfico 5 - Porcentagem da área do município de acordo com as classes de suscetibilidade: baixa, média e alta.



Fonte: A autora, 2023.

Observa-se que:

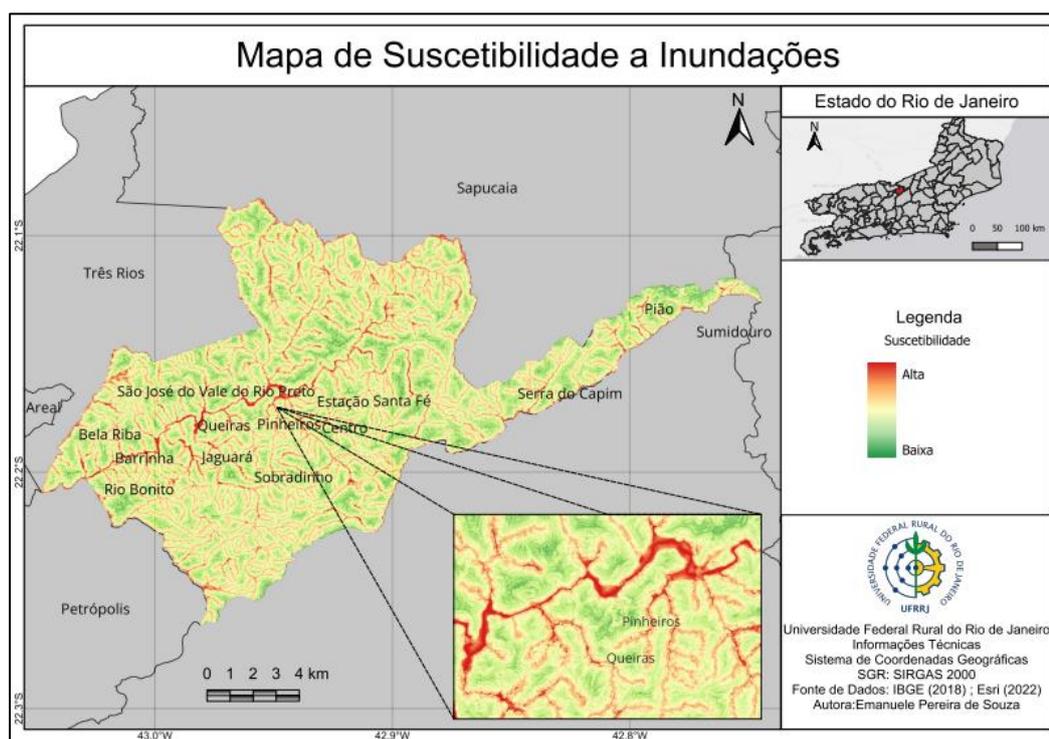
- 77% da área corresponde a baixa suscetibilidade,
- 20% a suscetibilidade média, e

- 3% a alta suscetibilidade de inundações.

O município de SJVRP tem predominância de relevo acidentado, o que colabora para a maior parte do seu território apresentar baixa suscetibilidade às inundações. Entretanto, as regiões próximas aos cursos d'água são naturalmente frágeis e suscetíveis a tais eventos e essas áreas são as mais densamente ocupadas por moradias.

Assim, apesar do município possuir apenas 3% do seu território suscetível às inundações, essa suscetibilidade atinge diretamente a população local. O mapa com áreas suscetíveis a inundações e seu grau de suscetibilidade em todo o município se encontra detalhado na Figura 26 (Apêndice L).

Figura 26 - Mapa de suscetibilidade a inundações.

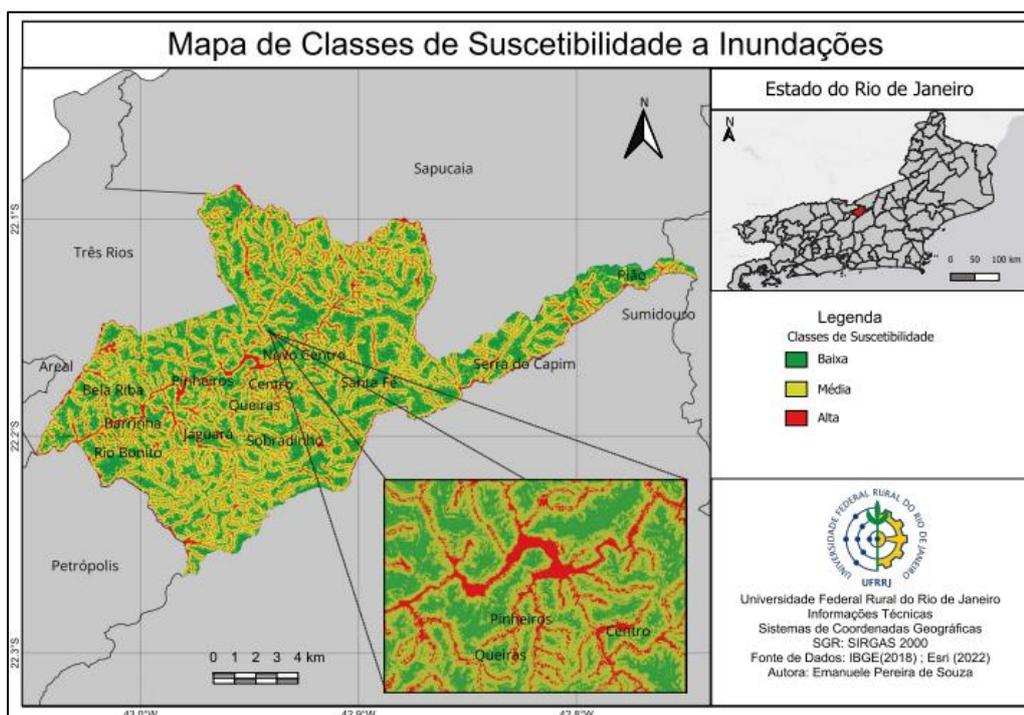


Fonte: A autora (2023).

O mapa de suscetibilidade a inundações varia baixa à alta, onde os locais com suscetibilidade alta estão mais próximos de trechos de drenagem e os com suscetibilidade baixa mais distante desses trechos. Esses dados de suscetibilidade fornecem uma visão abrangente da distribuição espacial da suscetibilidade a inundações no

município, destacando a predominância de áreas com baixa suscetibilidade. Considerando as 3 variações de valores de suscetibilidade, foi elaborado o mapa de classes de suscetibilidade a inundações, como apresentado na Figura 27 (Apêndice K), variando de baixa, média e alta.

Figura 27 - Mapa com classes de suscetibilidade a inundações.



Fonte: A autora (2023).

O mapa de classes de suscetibilidade a inundações ilustra os graus de suscetibilidade no território de forma mais específica, detalhando onde são as áreas com suscetibilidades baixas, médias e altas, onde as de classe baixa estão com a paleta verde, as de classe média com a paleta amarela e as de classe alta com a paleta vermelha. A ocupação predominante da população, tanto em áreas urbanas quanto rurais, nas proximidades da hidrografia evidencia que essas regiões sofrem frequentemente com as inundações em razão da ocupação irregular de suas margens e representam riscos tanto para o meio ambiente quanto para as próprias comunidades que nelas habitam. As medidas preventivas são essenciais não apenas para garantir a segurança dessa população, mas também para promover a conscientização sobre os impactos ambientais e os riscos associados a essa ocupação.

Alves (2021) apresenta que o estabelecimento da ocupação urbana nas vertentes promove a impermeabilização do solo e a diminuição da rugosidade dos terrenos. Por essas razões, a velocidade de escoamento de água das altas e médias vertentes para as áreas de várzea é aumentada e que um dos fatores que mais contribui para os danos das inundações é o uso do terreno nas áreas de várzea do rio.

A conscientização das comunidades sobre práticas sustentáveis, ordenamento territorial e a importância da preservação das áreas próximas à hidrografia é de suma importância. Isso pode envolver campanhas educativas, programas de treinamento e engajamento ativo das comunidades no processo de tomada de decisões relacionadas ao uso do solo. Ao implementar medidas preventivas, é possível promover uma ocupação mais sustentável e reduzir os riscos ambientais e sociais associados à ocupação irregular nessas áreas sensíveis.

A escassez de dados para todo o município de SJVRP, em escala maior que a utilizada, limitou o detalhamento deste trabalho. Os mapas, fatores e suscetibilidade à inundações, foram elaborados com resolução espacial de 10m. Para qualquer pesquisa que se faça envolvendo áreas urbanas são necessários materiais cartográficos que ilustrem o maior número de dados sobre a área e em escala mais adequada que a utilizada no trabalho em tela, permitindo um nível de detalhamento maior dos critérios ambientais, operacionais e socioeconômicos considerados. Entretanto, destaca-se a relevância deste trabalho pela organização dessas informações vinculadas às fragilidades e potencialidades do meio físico, mesmo não estando representado na melhor escala para o planejamento urbano.

Também é preciso atentar para o fato de que os mapas apresentados não são um produto voltado à definição de áreas de risco, mas elaborados com o objetivo de ajudar na visualização, em escala regional, para todo o município e não somente a área urbana, das áreas com características naturais que possam exigir maior atenção e cuidados técnicos para sua ocupação, ou mesmo que aponte para sua não ocupação.

#### 4.4 PROPOSIÇÃO DE LOCAIS PARA CONSTRUÇÃO DE PARQUES LINEARES

Os parques lineares podem ser classificados dentro do conceito de áreas verdes urbanas, conforme definido pela Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012. De

acordo com esta lei, áreas verdes urbanas são espaços públicos que contêm vegetação e são planejados de acordo com as diretrizes dos marcos legais municipais, incluindo Planos Diretores e leis de zoneamento e uso do solo. Além disso, a legislação estabelece que esses espaços são "indisponíveis para construção de moradias" e são destinados a fins como recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana e proteção dos recursos hídricos (BRASIL, 2012d).

Dessa forma, como medida de controle de inundações este trabalho mapeou áreas propícias para construção de parques lineares. A Tabela 11 especifica os locais de acordo com o tamanho de suas áreas em hectares, estas áreas estão próximas a locais mapeados com alta suscetibilidade a inundações.

Tabela 11 - Possíveis locais para a construção de parques lineares e suas áreas em ha.

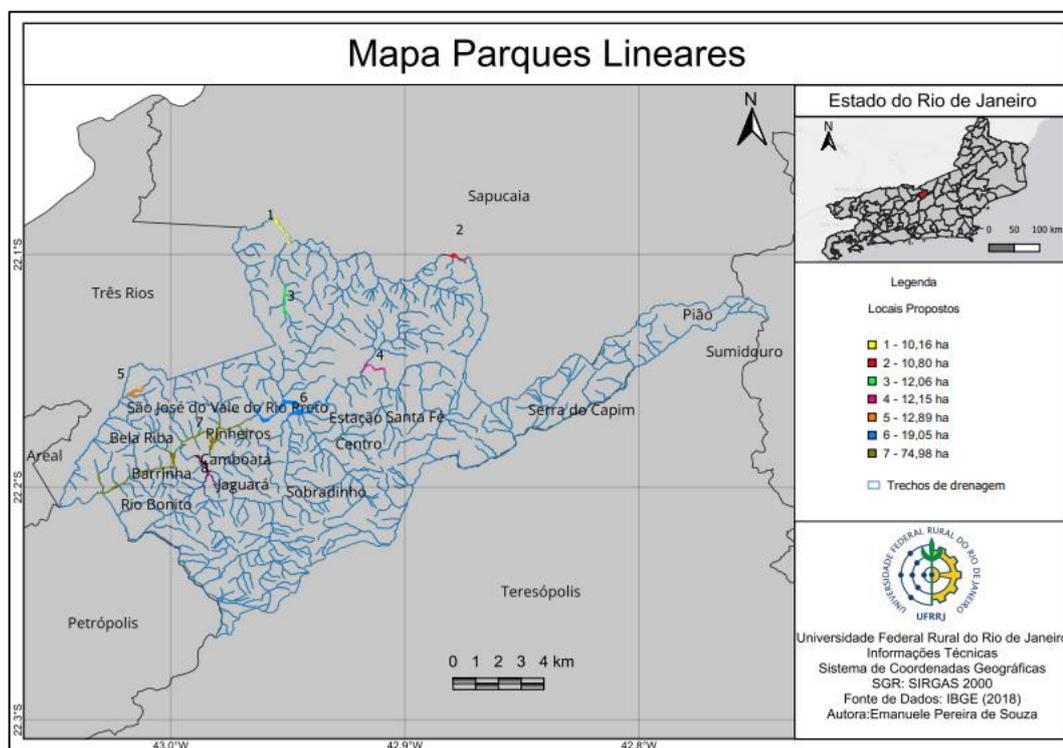
| <b>Locais</b> | <b>Área ha</b> |
|---------------|----------------|
| 1             | 10,16          |
| 2             | 10,80          |
| 3             | 12,06          |
| 4             | 12,15          |
| 5             | 12,89          |
| 6             | 19,05          |
| 7             | 74,98          |
| 8             | 98,25          |

Fonte: A autora (2023).

As classes estão enumeradas de acordo com o tamanho de suas áreas, todas foram mapeadas em locais com suscetibilidade alta a inundações, próximos aos Rio Preto, trechos de drenagem e a área mais urbanizada do município. Os locais 8 e 7 são os mapeados com áreas maiores, correspondendo a aproximadamente 98,25 hectares e 74,98 hectares.

Este modelo de medida de controle vem sendo adotado em diversos municípios pelo Brasil e tem se mostrado eficaz, uma vez que preserva as margens de rios e proporciona locais de lazer e recreação para população local. A Figura 28 retrata as áreas mapeadas propícias para construção de parques lineares, (Apêndice M).

Figura 28 - Mapa com áreas propícias para construção de parques lineares.



Fonte: A autora, 2023.

O mapa detalha os oito locais mapeados de acordo com suas áreas, as cores utilizadas são meramente ilustrativas. Observa-se os locais 4;6;7 e 8 estão em locais com maior concentração urbana, o que beneficia a população com áreas de lazer, além da prevenção contra desastres.

Segundo Albuquerque e Peixoto (2021), apresentaram como objetivo de seu estudo realizar a delimitação das áreas suscetíveis à inundação em um trecho do Córrego Cachoeirinha, localizado na região Nordeste da cidade de Belo Horizonte, utilizando a modelagem hidrodinâmica associada ao SIG, visando subsidiar a viabilidade técnica para projeto de implantação de parque linear, no sentido de atenuar os eventos de cheia do canal, chegando a conclusão que os parques lineares têm se mostrado uma importante e eficiente medida de planejamento urbano, que não só evitam as ocupações irregulares no leito dos canais, como também aumentam a área de infiltração das bacias.

O trabalho em tela não fez a verificação *in situ* das proposições apontadas como adequadas para a alocação de parques lineares, ou seja, será necessário a análise em campo dos locais listados. Assim, é importante destacar que a escolha de um possível local para a alocação de um parque linear deve priorizar a ocupação dos

espaços vazios tais como as áreas verdes, as praças, já existentes e até mesmo os espaços residuais entre os edifícios, ou seja, vazios urbanos que possam se configurar como espaços de sociabilidade.

Dessa forma, não se propõe a realocação das habitações para a alocação dos parques lineares, mas considerar que nem todos os lugares necessitam de ocupação, respeitando-se as características ambientais, sociais e culturais locais. Nesse sentido, Portas (2000) alerta para possíveis problemas decorrentes da ocupação intensiva desses espaços. O autor menciona que ocupar alguns vazios urbanos na tentativa de impedir a dispersão da cidade para áreas periféricas, caso ocorra de forma intensiva, poderá agravar as condições ambientais das cidades, o que, no caso do município de SJVRP, pode colocar em risco a população que ocupa as regiões lindeiras à drenagem e que, portanto, está sujeita às inundações.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aplicada demonstrou resultados satisfatórios na elaboração do conjunto de dados geográficos contendo o meio físico e ambiental, na seleção dos fatores importantes que afetam a suscetibilidade às inundações, na elaboração do mapa de suscetibilidade às inundações para o município, na análise da expansão da mancha urbana e na proposição de alocações de parques lineares como medidas de controle.

As imagens disponibilizadas na coleção 6 pelo MapBiomas apresentaram eficiência para a análise realizada, emergindo como uma fonte de dados adequada ao que se propôs nesta avaliação para comparação da mancha urbana em torno do Rio Preto. Essa comparação mostrou-se detalhada ao observar que houve um regresso de 1,57% nas áreas com formações florestais do município que houve um crescimento na área urbanizada entre os anos de 2011 e 2021 de 0,38%, um crescimento de 0,18% em áreas não vegetadas e crescimento de 2,85% em áreas com agropecuária. As alterações do espaço foram concentradas em especial em torno do Rio Preto e próximo a trechos de drenagem e a expansão da mancha urbana pode ser notada em torno do Rio Preto.

A abordagem empregada na metodologia apresentada revelou-se detalhada, conforme evidenciado pelos resultados obtidos. Destaca-se também a relevância do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que se mostra como ferramenta essencial para a integração, análise e interpretação de dados espaciais. Os produtos gerados por meio da Análise Multicritério têm o potencial de auxiliar nas tomadas de decisão e na resolução de problemas reais enfrentados pelo município, constituindo-se como uma ferramenta valiosa de gestão para o Poder Público.

Os fatores que detalharam maior suscetibilidade com a utilização da escala fuzzy foram a declividade e a morfologia, onde os resultados enfatizam a influência significativa de se analisar os dados da declividade e morfologia na distribuição espacial, os demais fatores também foram de suma importância, mas o grau de suscetibilidade no território estava menos evidente. Dessa forma dos fatores escolhidos foram eficientes aliados ao emprego de ferramentas, possibilitaram o desenvolvimento de

um mapa de suscetibilidade à inundação. Entender tais processos passa necessariamente pelo conhecimento dos elementos que constituem o meio físico já naturalmente frágil do município.

Dessa forma, apesar de o município apresentar a maior parte do seu território coberto por vegetação, o equivalente a 77% da sua área, sendo essa com baixa suscetibilidade, tendo também como suscetibilidade média uma área de 20% e apresentando apenas 3% de sua área com alta suscetibilidade de inundações, as ocupações irregulares em torno do Rio Preto, torna o município mais sensível a desastres, principalmente, em episódios de chuvas intensas.

A predominância do relevo no município encontrada neste trabalho, foi de relevo acidentado, o que colabora para a maior parte do seu território apresentar baixa suscetibilidade às inundações. Assim, apesar do município possuir apenas 3% do seu território suscetível às inundações, essa suscetibilidade atinge diretamente a população local, uma vez que a mancha urbana se encontra entorno de trechos de drenagens. A análise da suscetibilidade fornece uma visão integrada dos aspectos físicos e dos processos naturais presentes na área de interesse. Diante das ocupações ocorridas no processo de expansão das áreas urbanizadas, sem o devido disciplinamento e planejamento, é esperado que ocorram consequências negativas para o meio social e ambiental.

As medidas de controle podem envolver a implementação de estratégias como a de soluções baseadas na natureza, soluções essas que destacam o cuidado com o meio ambiente, a conscientização, a saúde física e mental da população, tais estratégias abordam a construção de parques lineares. A proposição de alocações para parques lineares chegou a 8 locais mapeados em áreas com alta suscetibilidade, 4 desses locais estão em áreas mais urbanizadas do município. Essas ações preventivas contribuem para minimizar os impactos das inundações, promovendo a segurança e o bem-estar da população local.

Compreender o cenário de ocupação do território e identificar seus pontos vulneráveis, expostos a riscos, é importante para o controle de desastres e para evitar novas catástrofes. Além disso, esse entendimento permite a elaboração de ações para mitigar os eventuais impactos adversos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, a segurança da população e a preservação do meio ambiente. Uma análise de suscetibilidade fornece uma base sólida para a implementação de medidas preventivas e de gestão de riscos, promovendo a resiliência das comunidades frente

a eventos naturais extremos. Oferecer subsídios para que ocorra uma expansão urbana adequada, atendendo as necessidades e desejos da população, estando de acordo com as normas dispostas no Plano Diretor e bem como as legislações vigentes no município é dever do Poder Público.

Sugere para estudos futuros a utilização de outra ferramenta, o método *Height Above the Nearest Drainage* - HAND, possibilitando a criação de superfícies potenciais de inundação, oferecendo uma abordagem inovadora e mais detalhada para a análise da suscetibilidade a inundações. Essa inclusão enriqueceria a avaliação de riscos e contribuiria para uma compreensão mais abrangente dos eventos de inundação, o que auxiliaria nas políticas públicas direcionadas ao município de SJVRP.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. **Projeto Técnico**: parques Lineares como medidas de manejo de águas pluviais. São Paulo: ABCP, v. 17, 2013. Disponível em: [http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF\\_Parques%20Lineares\\_Web.pdf](http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Parques%20Lineares_Web.pdf). Acesso em 20 ago. 2023.

ALBUQUERQUE, C. C. de.; PEIXOTO, L. Modelagem Hidráulico-Hidrológica Associada ao SIG para Identificação de Áreas Suscetíveis a Inundações no Córrego Cachoeirinha, em Belo Horizonte–MG, Visando à Proposição de Implementação de Parque Linear. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24., 2021, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABRHidro, 2011, p. 1-9. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/142/XXIV-SBRH0064-1-0-20210730-103259.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.

ALCÂNTARA-AYALA, I. Geomorfologia, riscos naturais, vulnerabilidade e prevenção de desastres naturais nos países em desenvolvimento. **Geomorfologia**, v. 47, n. 2-4, p. 107-124, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00083-1](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00083-1). Acesso em: 3 set. 2023.

ALVES, I. S. V. Suscetibilidade a Inundações do Município de Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil. *In*: XIV ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA, 14., 2021, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2021, p. 1-16. Disponível em: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enanpege/2021/TRABALHO\\_COMPLETO\\_EV154\\_MD1\\_SA120\\_ID251516112021164804.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enanpege/2021/TRABALHO_COMPLETO_EV154_MD1_SA120_ID251516112021164804.pdf). Acesso em: 19 abr. 2023.

AMARAL, R.; TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J. **Desastres naturais**. São Paulo: Editora Instituto Geológico, 2009.

ARAUJO, M. M. F. de. et al. Caracterização hidrológica e suscetibilidade de risco à inundação nas bacias do município de Arroio do Padre/RS. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 283-296, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/336127314\\_Caracterizacao\\_hidrologica\\_e\\_suscetibilidade\\_de\\_risco\\_a\\_inundacao\\_nas\\_bacias\\_do\\_municipio\\_de\\_Aroio\\_do\\_PadreRS](https://www.researchgate.net/publication/336127314_Caracterizacao_hidrologica_e_suscetibilidade_de_risco_a_inundacao_nas_bacias_do_municipio_de_Aroio_do_PadreRS). Acesso em: 17 abr 2023.

AURÉLIO, B.H.F. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2. ed., 1986.

AYDIN, N. Y.; KENTEL, E.; DUZGUN, S. GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 1, p. 364-373, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.023>. Acesso em: 10 maio 2023.

BANCO MUNDIAL. **Avaliação de perdas e danos**: inundações e deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro - janeiro de 2011. Brasília: Banco Mundial, 2012. Disponível em: <https://documents.worldbank.org/pt/publication/documents-reports/documentdetail/260891468222895493/pdf>. Acesso em: 03 ago. 2023.

BAPTISTA, A. C. **Análise da paisagem e identificação de áreas suscetíveis a movimentos de massa na APA Petrópolis - RJ**: subsídio ao planejamento urbano.

2005. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2005. Disponível em:  
<https://locus.ufv.br//handle/123456789/9683>. Acesso em: 20 mar. 2023.

BAPTISTA, A. C. **Avaliação da suscetibilidade aos movimentos de massa, erosão e escoamento superficial em Nova Friburgo, RJ**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2009. Disponível em: <https://locus.ufv.br//handle/123456789/820>. Acesso em: 11 maio 2023.

BAPTISTA, M. B.; CARDOSO, A. S. Rios e cidades: uma longa e sinuosa história. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 124-153, 2013. Disponível em:  
<https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistadaufmg/article/download/2693/1559/>. Acesso em: 12 ago. 2023.

BARROS, A. C. S. **Jardim de Chuva**: Sistema de Controle de Inundação, Anápolis - GO. 56 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – UniEvangélica, Anápolis – GO, 2020. Disponível em:  
<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/18899/1/Ana%20Clara%20Souza%20Barros.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2023.

BITAR, O. Y. Recuperação de áreas mineradas: considerações sobre técnicas aplicáveis a regiões urbanas. *In*: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1., São Paulo, 1992. São Paulo: Cetesb/SMA/SP-ECO-92, p. 78-86, 1992.

BONZI, R. S. Emerald Necklace – Infraestrutura urbana projetada como paisagem. **Revista LabVerde**, n. 9, p. 106-127, 2014. Disponível em:  
<https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i9p106-127>. Acesso em: 7 ago. 2023.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, n. 3, p. 71-115, 2011.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição**: República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

\_\_\_\_\_. Lei nº 10.257, de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 113, 10 jul. 2001. Seção 1, p. 1.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 70, 10 abr. 2012. Seção 1, p. 1, 2012c.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 102, 25 maio 2012. Seção 1, p. 1, 2012d.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 253, 17 out. 2012. Seção 1, p. 3, 2012b.

\_\_\_\_\_. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do Solo Urbano e da Outras Providências. 1.ed. Brasília, DF. 1979. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6766.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm). Acesso em: 11 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade)**. Brasília, DF. 2011. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf>. Acesso em: 2 maio 2023.

\_\_\_\_\_. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC. **Glossário de Defesa Civil: Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 5ª edição. Brasília, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Instrução Normativa MDR nº 36, de 4 de dezembro de 2020. Estabelece procedimentos e critérios para o reconhecimento federal e para declaração de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos municípios, estados e pelo Distrito Federal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, n. 25, 5 dez. 2020, Seção 1, p. 21.

\_\_\_\_\_. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Decreto nº 10.692, de 3 de maio de 2021. Instituiu o Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, n. 82, 4 maio 2021, Seção 1, p. 7.

\_\_\_\_\_. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC. **Competências**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protexao-e-defesa-civil/competencias>. Acesso em: 10 abr. 2023.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil. 2012. **Relatório Anual 2012**. Disponível em: [https://www.sgb.gov.br/publique/media/informacao\\_publica/rel\\_anual\\_%202012.pdf](https://www.sgb.gov.br/publique/media/informacao_publica/rel_anual_%202012.pdf). Acesso em: 15 ago. 2023.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil. 2014. **Relatório Anual 2014**. Disponível em: [https://www.cprm.gov.br/publique/media/informacao\\_publica/rel\\_anual\\_2014.pdf](https://www.cprm.gov.br/publique/media/informacao_publica/rel_anual_2014.pdf). Acesso em: 15 ago. 2023.

CALDAS, V. I. S. P.; SILVA, A. S. da.; SANTOS, J. P. C. dos. Suscetibilidade à erosão dos solos da bacia hidrográfica lagos – São João, no Estado do Rio de Janeiro– Brasil, a partir do método AHP e análise multicritério. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 04, p. 1415-1430, 2019.

CÂMARA, G. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, v. 345, 2001. Disponível em:

[https://www.faed.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/1423/\\_introducao\\_a\\_ciencia\\_de\\_geoinformacao\\_\\_\\_inpe.pdf](https://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1423/_introducao_a_ciencia_de_geoinformacao___inpe.pdf). Acesso em: 10 out. 2023.

CARNEIRO, P. R. F.; MIGUEZ, M. G. **Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas**. Rio de Janeiro: Annablume, 2011.

CARVALHO, A. C. P. **Integração de atributos morfométricos e geotécnicos para definição de zonas sujeitas à inundação na Bacia do Ribeirão Bocaina (MG)**. 2017. 198 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.18.2017.tde-10072017-101208>. Acesso em: 15 ago. 2023.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (orgs.). **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas — IPT. Brasília, DF, 176 p, 2007.

CASTRO, A. L. C. de. **Glossário de defesa civil estudos de riscos e medicina de desastres**. Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria Especial de Políticas Regionais, Departamento de Defesa Civil, 1998. Disponível em: <https://www.crpsp.org/uploads/impresso/362/yQBUeKe9zYbM1-FIB6FM9-GAVHzgnrU4.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2023.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Catálogo Brasileiro de Soluções Baseadas na Natureza**. São Paulo: Governo de São Paulo, 2020.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). **Boletim Mensal de Impactos de Extremos de Origem Hidro-Geo-Climático em Atividades Estratégicas para o Brasil**. 53. ed. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/monitoramento/boletim-de-impactos/boletim-de-impactos-de-extremos-de-origem-hidro-geo-climatico-em-atividades-estrategicas-para-o-brasil-2013-13-04-2023-ano-06-no-53>. Acesso em: 12 out. 2023.

CERRI, L. E. da S.; AMARAL, C. P. do. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S. & BRITO, S. N. A. de. (org). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGECNPq-FAPESP, 1998. p. 131-144.

CHAVES, M. A. **Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a Bacia Amazônica**. 2002. 115 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002. Disponível em: <https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2020/07/Marcelo-de-Avila-Chaves.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2023.

CONCEIÇÃO, R. S.; COSTA, V. C. **Cartografia e Geoprocessamento**. v.1, Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010. Disponível em: <https://canal.cecierj.edu.br/082022/e1aec33dbf21da9a1eef12c6edf9aa94.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). (Org.). **Danos e Prejuízos Causados por Desastres no Brasil entre 2013 a 2023**: Defesa Civil/Estudos Técnicos. 3.ed. Porto Alegre: CNM, 2023.

CROCE, R. **Relações entre espaço urbano e cursos d'água: conflitos e interações no vale do Rio Doce**. 2020. 235 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020. Disponível em: [http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_14308\\_R%D4MULO% 20CROCE% 20-% 20VERS%C3O%20FINAL.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_14308_R%D4MULO%20CROCE%20-%20VERS%C3O%20FINAL.pdf). Acesso em: 23 jul. 2023.

CURITIBA. Prefeitura Municipal de Curitiba. **Prefeitura entrega Parque Mairi no domingo**. 2016. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/prefeitura-entrega-parque-mairi-no-domingo/40057>. Acesso em: 15 out. 2023.

DINIZ, N. C. **Automação da cartografia geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para avaliação ambiental**. 1998. 314 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transporte) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001030225>. Acesso em: 8 set. 2023.

DUARTE, P.A. **Fundamentos de Cartografia**. Florianópolis: Ed da UFSC, p. 15-45, 2008.

DUQUE DE CAXIAS. Prefeitura de Duque de Caxias. **Maior parque linear da Baixada será inaugurado em Duque de Caxias**. 2023. Disponível em: [https://duquedecaxias.rj.gov.br/noticia/maior-parque-linear-da-baixada-sera-- inaugurado-em-duque-de-caxias/4885](https://duquedecaxias.rj.gov.br/noticia/maior-parque-linear-da-baixada-sera--inaugurado-em-duque-de-caxias/4885). Acesso em: 13 out. 2023.

EDUARDO, J. P. A. **Análise espaço-temporal dos eventos de inundação no município de Petrópolis (RJ)**. 2022. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <http://www.bdtd.uerj.br/handle/1/19296>. Acesso em: 22 ago. 2023.

EDUARDO, J. P. A. **Avaliação de Áreas Sujeitas aos Processos de Inundação em São José do Vale do Rio Preto – RJ Através da Análise de Condicionantes Ambientais**. 2019. 92 f. Monografia (Especialização) - Instituto de Geografia, Centro de Tecnologias e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: [https://www.comitepiabanha.org.br/piabanha/trabalhos-academicos/academico/2019-MONOGRAFIA\\_%20JOAO.pdf](https://www.comitepiabanha.org.br/piabanha/trabalhos-academicos/academico/2019-MONOGRAFIA_%20JOAO.pdf). Acesso em: 22 ago. 2023.

EKEL, P. Y. et al. Análise expressa georreferenciada multicritério em duas etapas de novos projetos de linhas de transmissão elétrica. **Jornal Internacional de Energia Elétrica e Sistemas de Energia**, v. 108, p. 415-431, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.01.008>. Acesso em: 10 set. 2023.

EKEL, P. Y.; PEDRYCZ, W.; PEREIRA JR, J. **Tomada de decisão multicritério em condições de incerteza: uma perspectiva de conjunto difuso**. 1. ed. [S.l.]: John Wiley e Filhos, 2020.

EM-DAT. **Banco de dados de desastres de emergência**. Brasil, 2019. Disponível em: <http://www.emdat.be>. Acesso em: 10 abr. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213515/1/Manual-de-metodos-de-analise-de-solo-1979.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ESCRITÓRIO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A COORDENAÇÃO DE ASSUNTOS HUMANITÁRIOS (ONU) (UN-OCHA). **Latin America and the Caribbean: natural disasters 2000-2019**. Disponível em:

[https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/20191203-ocha-desastres\\_naturales.pdf](https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/20191203-ocha-desastres_naturales.pdf). Acesso em: 20 abr. 2023.

Esri "Curvatura" [mapa base]. Escala Não Fornecida. "**Função Curvatura**". 2010. Disponível em: <https://doc.arcgis.com/pt-br/arcgis-online/analyze/curvature-function.htm>. Acesso em: 25 maio 2023.

FAIVRE, N. et al. Soluções baseadas na natureza na UE: Inovar com a natureza para enfrentar os desafios sociais, económicos e ambientais. **Pesquisa Ambiental**, v. 159, p. 509-518, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.032>. Acesso em: 9 maio 2023.

FERREIRA, Sara Martins. **Inundações em meio urbano: O caso da cidade de Olhão**. 2022. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Geografia Física – Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras Universidade de Coimbra, Coimbra, 2022.

FRAGA, R. G. **Soluções baseadas na Natureza**: elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileiras. 2021. Disponível em: <http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/40877>. Acesso em: 5 abr. 2023.

FRANCO, G. B. et al. Cartografia Geotécnica: Estágio atual do conhecimento. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 35, p. 158-172, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/RCG113516134>. Acesso em: 15 maio 2023.

FRANTZESKAKI, N. Sete lições para planejar soluções baseadas na natureza nas cidades. **Ciência e política ambiental**, v. 93, p.101-111, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.033>. Acesso em: 10 abr. 2023.

FREITAS, C. M. de (Coord.). **Gestão local de desastres naturais para a atenção básica**. São Paulo: UNIFESP, 2016. 122 p. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/37492>>. Acesso em: 1 ago. 2023.

FREITAS, C. M. de. et al. Desastres naturais e seus custos nos estabelecimentos de saúde no Brasil no período de 2000 a 2015. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, n. 7, p. e00133419, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311X00133419>>. Acesso em: 6 abr. 2023.

FREITAS, F. P. et al. **Mapeamento participativo na identificação das áreas de risco à inundação no Bairro Parque Mambucaba, Angra dos Reis - RJ**. 2018. Disponível em: <https://tede.ufrrj.br/jspui/handle/jspui/4724>. Acesso em: 1 jul. 2023.

FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA. **Cidades Baseadas na Natureza**. Curitiba: Fundação Grupo Boticário, 2020. Disponível em: <https://www.fundacaogrupoboticario.org.br/pt/Biblioteca/8907A%20AF%20Paper%20Cidades%20Baseadas%20na%20Natureza.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2023.

GALENDER, F. C. A ideia de sistema de espaços livres públicos na ação de paisagistas pioneiros na América Latina. **Paisagens em Debate** - Revista eletrônica da área Paisagem e Ambiente, FAU. USP, n. 03, p. 04, 2005. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/78112>. Acesso em: 8 ago. 2023.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L. W. Problemas de modelos digitais de elevação na modelagem de recursos hídricos. **Apoio à modelação hidrológica e hidráulica com sistemas de informação geográfica**, p. 1-28, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)03138-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03138-1). Acesso em: 23 abr. 2023.

GARTNER, G. **Prefácio** - O Mundo em sua mão. Áustria: Universidade Tecnológica de Viena, 2014. Disponível em: [https://icaci.org/files/documents/wom/00a\\_IMY\\_WoM\\_pt.pdf](https://icaci.org/files/documents/wom/00a_IMY_WoM_pt.pdf). Acesso em: 17 ago. 2023.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. **Considerações sobre as inundações no Brasil**. 2005. Disponível em: [https://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABRH2005\\_inundacoes.pdf](https://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABRH2005_inundacoes.pdf). Acesso em: 26 ago. 2023.

HALMENSCHLAGER, V. **Ensaio sobre os impactos socioeconômicos dos desastres naturais no Brasil**. 2019. 154 f. Tese (Doutorado em Ciências – Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

HERZOG, C.; ROZADO, C. A.; **The EU – Brazil Sector Dialogue**: Contribution to a Brazilian Roadmap for Nature-Based Solutions. Bélgica. 2019. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/569867>. Acesso em: 7 ago. 2023.

INEA. **Boletim Águas & Território**. 10. ed. Rio de Janeiro: Inea, 2015. Disponível em: <https://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Qualidadedaagua/Praias/index.htm&lang=>. Acesso em: 28 set. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/cultura-recreacao-e-esporte/9662-censo-demografico-2010.html>. Acesso em: 20 mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico**, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 20 mar. 2023.

ITU. Prefeitura Municipal de Itu. **Parque linear foi inaugurado nesta terça-feira**. 2018. Disponível em: <https://itu.sp.gov.br/parque-linear-foi-inaugurado-nesta-terca-feira/>. Acesso em: 12 out. 2023.

JORGE, N. F.; UEHARA, K. Águas de Superfície. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p. 101-109, 1998.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, p. 109, 2006. Disponível em: [http://www.disaster-info.net/lideres/portugues/curso-brasil08/documentos\\_e\\_artigos/Prevencao%20desastres%20naturais.pdf](http://www.disaster-info.net/lideres/portugues/curso-brasil08/documentos_e_artigos/Prevencao%20desastres%20naturais.pdf). Acesso em: 19 jul. 2023.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Mapa de parede 150cmx200cm.

Karra, Kontgis, et al. “**Global land use/land cover with Sentinel-2 and deep learning**.” IGARSS 2021-2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IEEE, 2021. Disponível em: <https://gee-community-catalog.org/projects/esrilc2020/>. Acesso em: 8 ago. 2023.

LEITE, P. S. O. S. **Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha e Sub-bacias Hidrográficas dos Rios Paquequer e Preto**. 2006. Disponível em: <https://www.antigo.comitepiabanha.org.br/resolucoes.php>. Acesso em: 11 ago. 2023.

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. [S.l]: John Wiley e Sons, 1999.

MALCZEWSKI, J. Sobre o uso do método de combinação linear ponderada em GIS: abordagens comuns e de melhores práticas. **Transações em SIG**, v. 4, n. 1, pág. 5-22, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00035>. Acesso em: 6 abr. 2023.

MALCZEWSKI, J.; RINNER, C. **Multicriteria decision analysis in geographic information science**. New York: Springer, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74757-4>. Acesso em: 19 abr. 2023.

MANTOVANI, J. R.; BACANI, V. M. Uma proposta metodológica de mapeamento de áreas suscetíveis a inundação e/ou alagamento na bacia hidrográfica do córrego Indaiá-MS. **Geosp – Espaço e Tempo**, [s. l], v. 3, n. 22, p. 1-21, dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2018.146752>. Acesso em: 2 set. 2023.

MAPBIOMAS. **O Projeto**. 2019. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 03 ago. 2023.

MARCELINO, E. V. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. **Cadernos Didáticos**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE, Santa Maria, n.1, 38 p, 2008. Disponível em: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2023.

MARCHEZINI, V. et al. Geotecnologias para prevenção de riscos de desastres: usos e potencialidades dos mapeamentos participativos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 1, p. 107-128, 2017.

MARINGÁ. Prefeitura de Maringá. **Com inauguração do Parque Linear Gralha Azul, Prefeitura de Maringá oferece novo espaço de convivência à população**. 2021. Disponível em: <http://www.maringa.pr.gov.br/site/noticias/2021/12/16/com->

inauguracao-do-parque-linear-gralha-azul-prefeitura-de-maringa-oferece-novo-espaco-de-convivencia-a-populacao/38999. Acesso em: 12 out. 2023.

MARRO, A. A. et al. **Lógica fuzzy**: conceitos e aplicações. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), p. 2, 2010.

MAYER, L. **Parques lineares para o controle da macrodrenagem urbana**: Estudo de caso do Parque Linear Via Verde em Jaraguá do Sul/SC. 96 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/228144>. Acesso em: 11 jul. 2023.

NESSHÖVER, C. et al. A ciência, política e prática de soluções baseadas na natureza: uma perspectiva interdisciplinar. **Ciência do meio ambiente total**, v. 579, p. 1215-1227, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>. Acesso em: 27 mar. 2023.

OLIVEIRA, M. L. de. **Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação no Primeiro Distrito do município de Angra dos Reis – RJ**. 2023. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura e Cartografia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2023.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Atlas de Mortalidade e Perdas Econômicas de Eventos Extremos de Tempo, Clima e Água (1970-2019)**. OMM, nº 1267, Genebra, 2021. Disponível em: <https://library.wmo.int/records/item/57564-wmo-atlas-of-mortality-and-economic-losses-from-weather-climate-and-water-extremes-1970-2019>. Acesso em: 27 mar. 2023.

ORNELLAS, M. W. **Caracterização da paisagem e identificação de áreas suscetíveis a escorregamentos no município do Rio de Janeiro**. 2022. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura e Cartografia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

PARAÍBA. Governo da Paraíba. **Ricardo inaugura o Parque Linear Parahyba e destaca importância do espaço para a população**. 2017. Disponível em: <https://antigo.paraiba.pb.gov.br/index-25884.html>. Acesso em: 13 out. 2023.

PAULO, D. P. **Gestão de resíduos de desastres naturais**: estudo de caso sobre chuvas intensas no estado do Espírito Santo, Brasil. 2019. 203 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Sustentáveis) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Tecnologias Sustentáveis, Vitória, 2019. Disponível em: <https://ppgtecs.vitoria.ifes.edu.br/images/stories/00001a94.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

PEDRYCZ, W.; EKEL, P. Y.; PARREIRAS, R. **Tomada de decisão multicritério fuzzy**: modelos, métodos e aplicações. [S.l.]: John Wiley e Filhos, 2011.

PEREIRA, V. C. M. et al. As chuvas de verão sob a influência do fenômeno el Niño, entre 2005 e 2018, e o risco de inundações no município de São Gonçalo-RJ (Brasil). **Territorium**, n. 28 (II), p. 27-41, 2021.

PRANDINI, F. L. et al. Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), p. 187-202, 1995.

QGIS Development Team. **Geographic Information System User Guide**. Open Source Geospatial Foundation Project. Electronic document: <http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/>. 1 *Software*.

RAMOS, R. A. R. **Localização Industrial: Um Modelo Espacial para o Noroeste De Portugal**. 323 f. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2000.

REZENDE, P. S.; MARQUES, D. V.; OLIVEIRA, L. A. Construção de modelo e utilização do método de Processo Analítico Hierárquico–AHP para mapeamento de risco á inundação em área urbana. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 61, p. 01–18, mar./2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/317791675\\_CONSTRUCAO\\_DE\\_MODEL\\_O\\_NO\\_QGIS\\_E\\_UTILIZACAO\\_DO\\_METODO\\_DE\\_PROCESSO\\_ANALITICO\\_HIERARQUICO\\_-\\_AHP\\_PARA\\_MAPEAMENTO\\_DE\\_RISCOS\\_A\\_INUNDACAO\\_NA\\_AREA\\_URBANA\\_DE\\_PARACATU\\_-\\_MG/fulltext/594c1c1ba6fdcc14c97d8e4f/CONSTRUCAO-DE-MODELO-NO-QGIS-E-UTILIZACAO-DO-METODO-DE-PROCESSO-ANALITICO-HIERARQUICO-AHP-PARA-MAPEAMENTO-DE-RISCOS-A-INUNDACAO-NA-AREA-URBANA-DE-PARACATU-MG.pdf](https://www.researchgate.net/publication/317791675_CONSTRUCAO_DE_MODEL_O_NO_QGIS_E_UTILIZACAO_DO_METODO_DE_PROCESSO_ANALITICO_HIERARQUICO_-_AHP_PARA_MAPEAMENTO_DE_RISCOS_A_INUNDACAO_NA_AREA_URBANA_DE_PARACATU_-_MG/fulltext/594c1c1ba6fdcc14c97d8e4f/CONSTRUCAO-DE-MODELO-NO-QGIS-E-UTILIZACAO-DO-METODO-DE-PROCESSO-ANALITICO-HIERARQUICO-AHP-PARA-MAPEAMENTO-DE-RISCOS-A-INUNDACAO-NA-AREA-URBANA-DE-PARACATU-MG.pdf). Acesso em: 23 ago. 2023.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Secretaria Municipal de Ordem Pública. Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil. **Plano de Contingência Municipal do Rio de Janeiro**. Chuvas Intensas. 2020b. Disponível em: [http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/planos\\_de\\_contingencias/Plano-de-Contingencia-Municipal---Chuvas-Intensas---Ttico-Operacional-revisado-em-22-12-2020.pdf](http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/planos_de_contingencias/Plano-de-Contingencia-Municipal---Chuvas-Intensas---Ttico-Operacional-revisado-em-22-12-2020.pdf). Acesso em: 5 abr. 2023.

RIO DE JANEIRO (Estado). Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil. **Plano de contingência tático-operacional (PlanCon 2020-2021)**. 2020a. Disponível em: [http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/2021/12/PLANO\\_ESTADUAL\\_DE\\_PROTECAO\\_E\\_DEFESA\\_CIVIL\\_Atualizacao\\_2021\\_12\\_28\\_1640792939.pdf](http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/2021/12/PLANO_ESTADUAL_DE_PROTECAO_E_DEFESA_CIVIL_Atualizacao_2021_12_28_1640792939.pdf). Acesso em: 20 mar. 2023.

ROQUE, W. V. **Mapeamento Geoambiental da área urbana de Manaus - AM**. 162 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p.81-90, 2005.

SAATY, T. L. Como tomar uma decisão: o processo de hierarquia analítica. **Revista Europeia de Pesquisa Operacional**, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.

SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process Mcgraw Hill, New York. **Agricultural Economics Review**, v. 70, p. 34, 1980.

SAATY, T. L. Tomada de decisão com o processo de hierarquia analítica. **Revista Internacional de Ciências dos Serviços**, v. 1, pág. 83-98, 2008.

SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO (PDM-SJVRP). Núcleo Gestor do Comitê Municipal do PDM. **Plano Diretor Municipal de São José do Vale do Rio Preto**. 2017. Disponível em:

[https://www.sjvriopreto.rj.gov.br/uploads/norma/31800/Etapa\\_II\\_\\_\\_Diagnostico\\_Municipal\\_\\_\\_PDM\\_SJVRP.pdf](https://www.sjvriopreto.rj.gov.br/uploads/norma/31800/Etapa_II___Diagnostico_Municipal___PDM_SJVRP.pdf). Acesso em: 3 jun. 2023.

SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO. Prefeitura Municipal. **Plano Diretor Municipal: diagnóstico municipal**. 2018. Disponível em:

<https://www.sjvriopreto.rj.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SÃO PAULO (Estado). **Governo de São Paulo inicia obras no Parque Bruno Covas 2021**. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/2021/06/governo-de-sao-paulo-inicia-obras-no-parque-bruno-covas-novo-rio-pinheiros/>. Acesso em: 10 out. 2023.

SÃO PAULO (Estado). **Governo inaugura Parque Linear em Pardinho**. 2019.

Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/governo-inaugura-parque-linear-em-pardinho/>. Acesso em: 10 out. 2023.

SARAIVA, M. da G. A. N. **O rio como paisagem: gestão de corredores fluviais no quadro do ordenamento do território**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1999.

SAUSEN, T. M.; NARVAES, I. da S. **Desastres naturais e geotecnologias: inundação - caderno didático nº 7**. INPE. São José dos Campos. v. 13, p. 03.28-11.24, 2013. Disponível em: <http://mtcm19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtcm19/20>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SENA, I. S. de. **Mapeamento de áreas suscetíveis a deslizamentos: estudo de caso do bairro Monsuaba em Angra dos Reis, RJ**. 2023. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura e Cartografia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas**. Campinas: UNICAMP, 2003.

SILVA, J. O. Mapeamento de áreas suscetíveis a inundações na Sub-Bacia Hidrográfica Tocantins Baixo, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 10, n. 10, p. 13-30, 2022.

SILVA, L. M. L. **Modelos e métodos para a análise multicritério e tomada de decisão espacial em ambiente de incertezas e suas aplicações**. 168 f. Monografia (Especialização em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

SILVA, P. R. P. **Associação entre indicadores demográficos, socioeconômicos e ambientais e a prevalência de município do estado do Rio de Janeiro atingidos por desastres de origem hidrológica, no período de 2015 a 2019**. 2020. 95 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil) - Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2020.

SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL (SINDEC). **Como se organiza a Defesa Civil no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/sinpdec/como-se-organiza>. Acesso em: 5 abr. 2023.

SLOVIC, P. Perception of risk. **Science**, v. 236, n. 4799, p. 280–285, 1987.

TERRSET. **TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling System**. Clark Labs, 2023. 1 *Software*.

TOMLIN, C. D. Álgebra de mapas: uma perspectiva. **Paisagismo e Urbanismo**, v. 30, n.1-2, pág. 3-12, 1994.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. 2005. Disponível: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o\\_de\\_Aguas\\_Pluviais\\_\\_.PDF?1370615799](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o_de_Aguas_Pluviais__.PDF?1370615799). Acesso em: 22 jun. 2023.

UNDP. **Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development**. United Nations Development Programme, 2004. Disponível em: <http://www.undp.org/bcpr>. Acesso em: 25 mar. 2023.

UNDRR. **Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives**. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), 2004. Disponível em: <https://www.undrr.org/home>. Acesso em: 25 mar. 2023.

UNISDR. **Hyogo framework for action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters**. 2005. Disponível em: <https://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.

UNISDR. **Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030: Escritório de Redução de Riscos de Desastres da ONU**. 2015. Disponível em: [https://www.unisdr.org/files/43291\\_63575sendaiframeworkportunoficialf%5B1%5D.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_63575sendaiframeworkportunoficialf%5B1%5D.pdf). Acesso em: 20 mar. 2023.

VALENTE, A. S. **Revitalização de Rios Urbanos: A aplicação parque lineares na recuperação dos fundos de vale na cidade de Caratinga-MG**. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdades Doctum de Caratinga, Caratinga, 2019. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3510/2/TCC%20ARTHUR.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.

VERONESI, F. et al. Seleção automática de pesos para análise de decisão multicritério baseada em GIS: seleção do local de torres de transmissão como estudo de caso. **Geografia aplicada**, v. 83, p. 78-85, 2017.

VIANA, V. J.. **Gestão de risco de desastres no Brasil: leitura das estratégias locais de redução de riscos de inundação em Nova Friburgo, RJ**. 2016. 412 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Curso de Programa de Pós- Graduação em Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

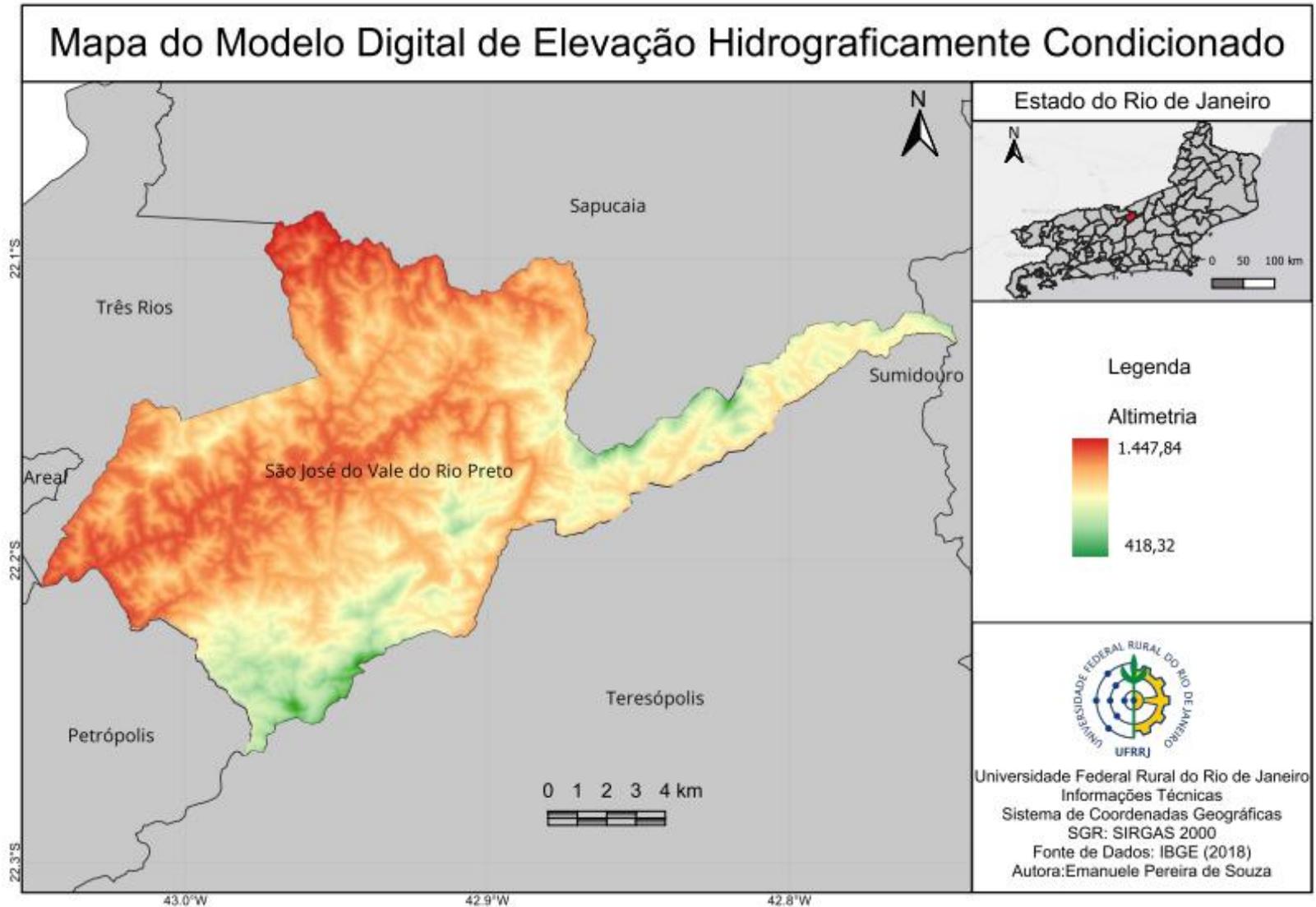
WRI (INSTITUTO DE RECURSOS MUNDIAIS). **Soluções Baseadas na Natureza: SBN**. 2022. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/search?keys=inunda%C3%A7%C3%B5es%20e%20cidades&page>. Acesso em: 25 Mar. 2023.

YAGER, R. R. Sobre operadores de agregação de média ponderada ordenada na tomada de decisão multicritério. **Transações IEEE sobre sistemas, Homem e Cibernética**, v. 1, pág. 183-190, 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/21.87068>. Acesso em: 8 ago. 2023.

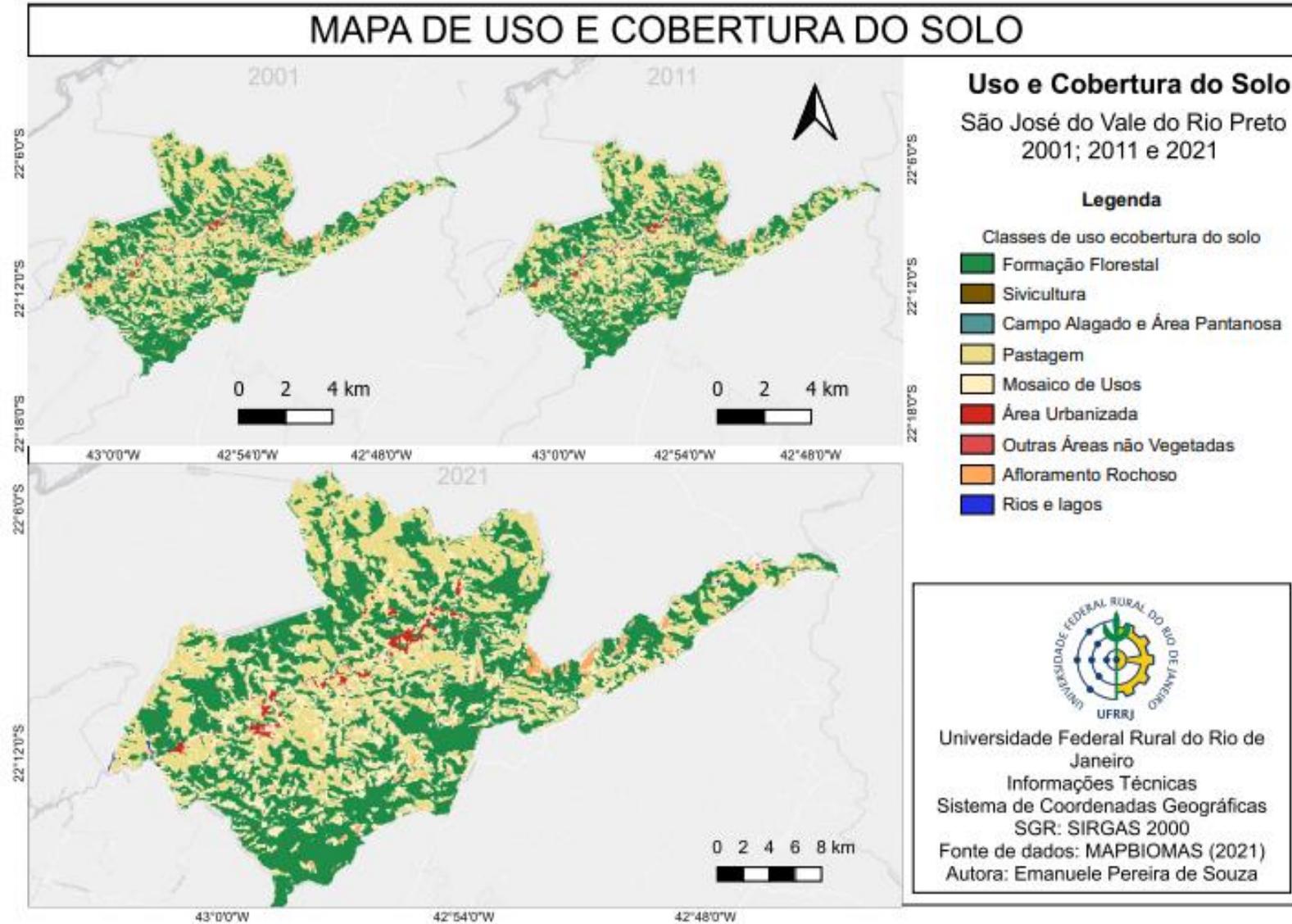
ZACHARIAS, A. et al. A cartografia de síntese e as estruturas verticais e horizontais da paisagem em ambientes urbanos suscetíveis à inundação. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 41, p. 1-16, USP, 2020.

ZADEH, L. A. **Conjuntos difusos**. Informação e controle, v. 1, pág. 338-353, 1965.

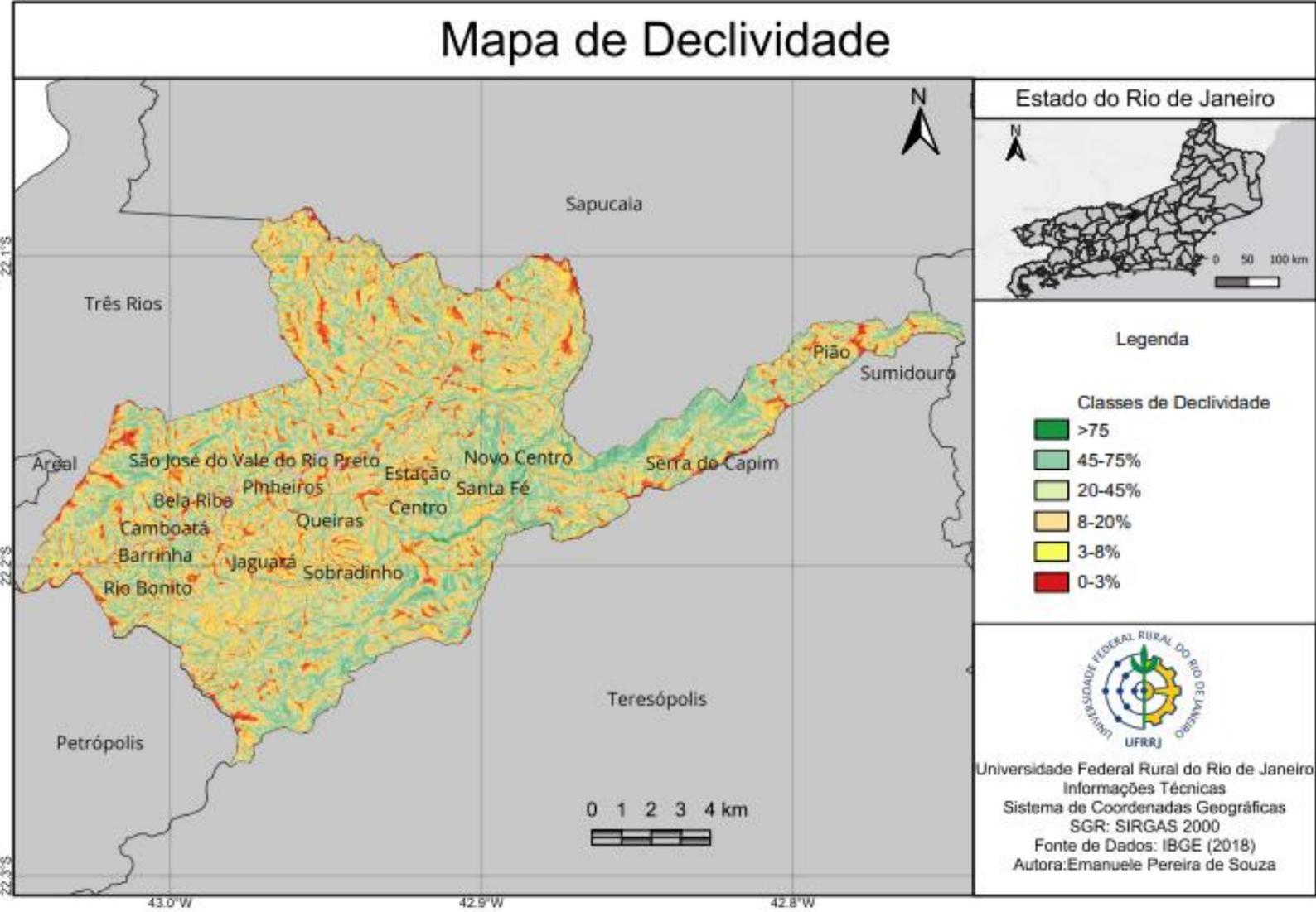
## APÊNDICE A - MAPA DO MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO HIDROLOGICAMENTE CONSISTIDO



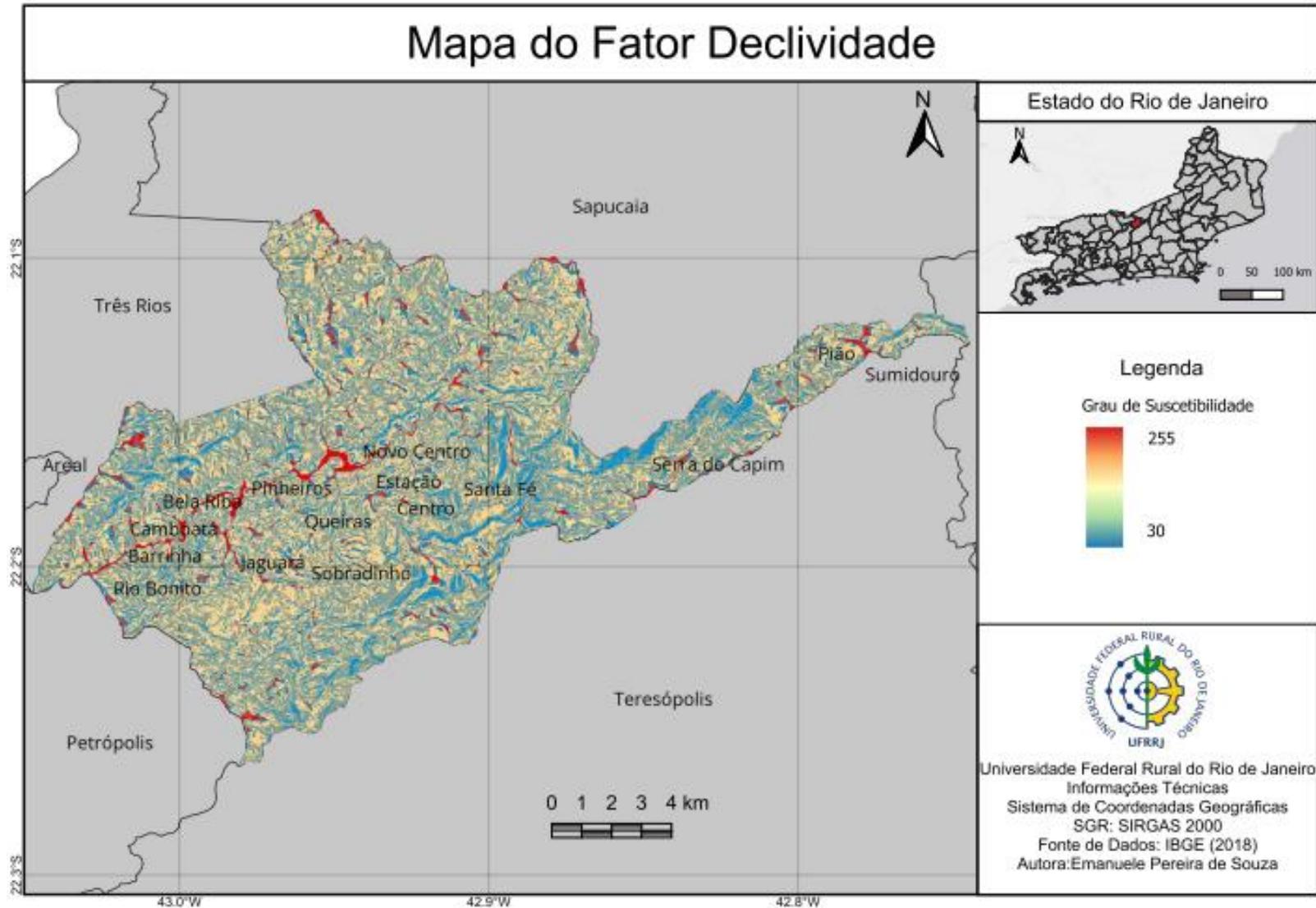
## APÊNDICE B - MAPA DO USO E COBERTURA DO SOLO (MAPBIOMAS)



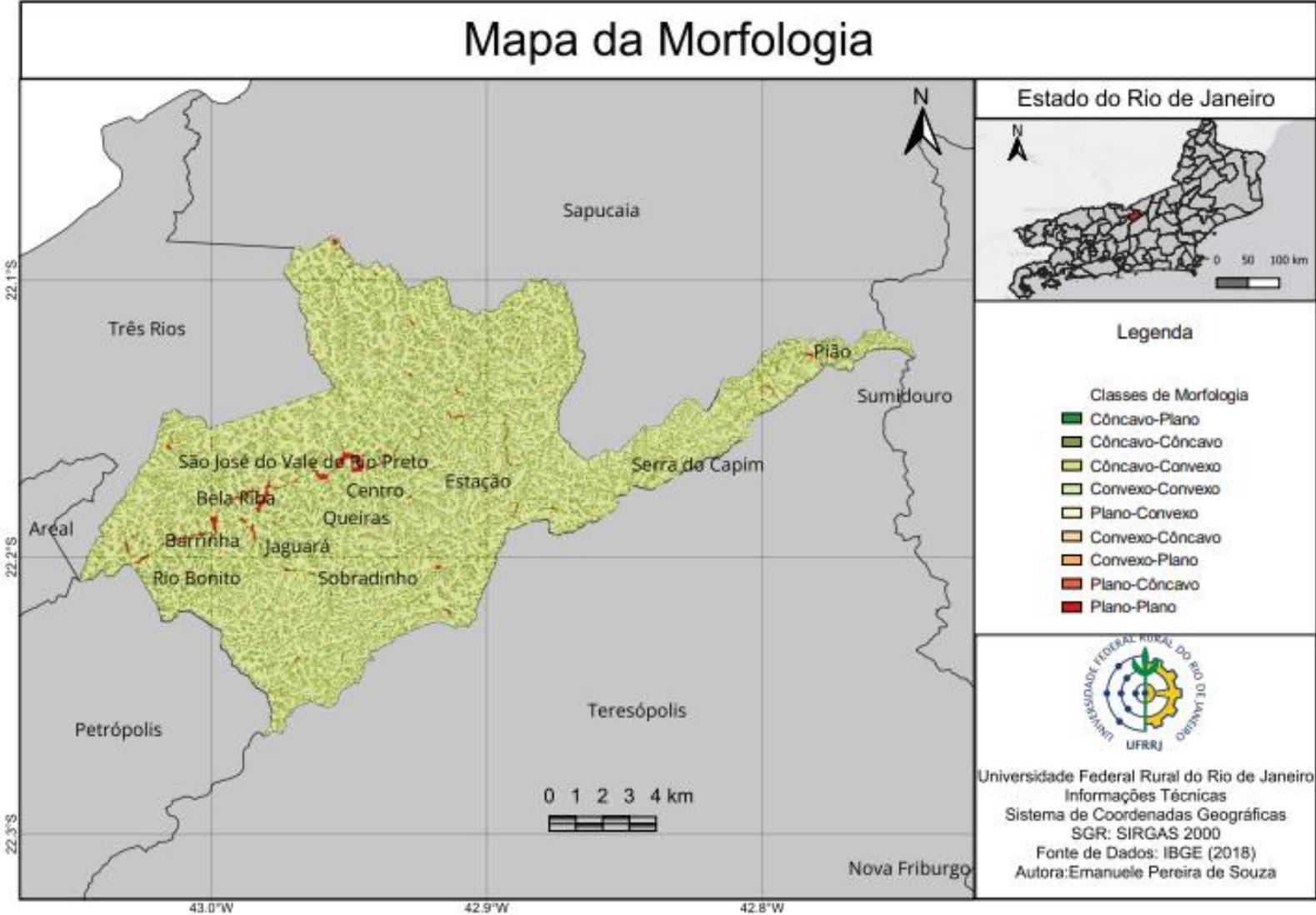
APÊNDICE C - MAPA DA DECLIVIDADE



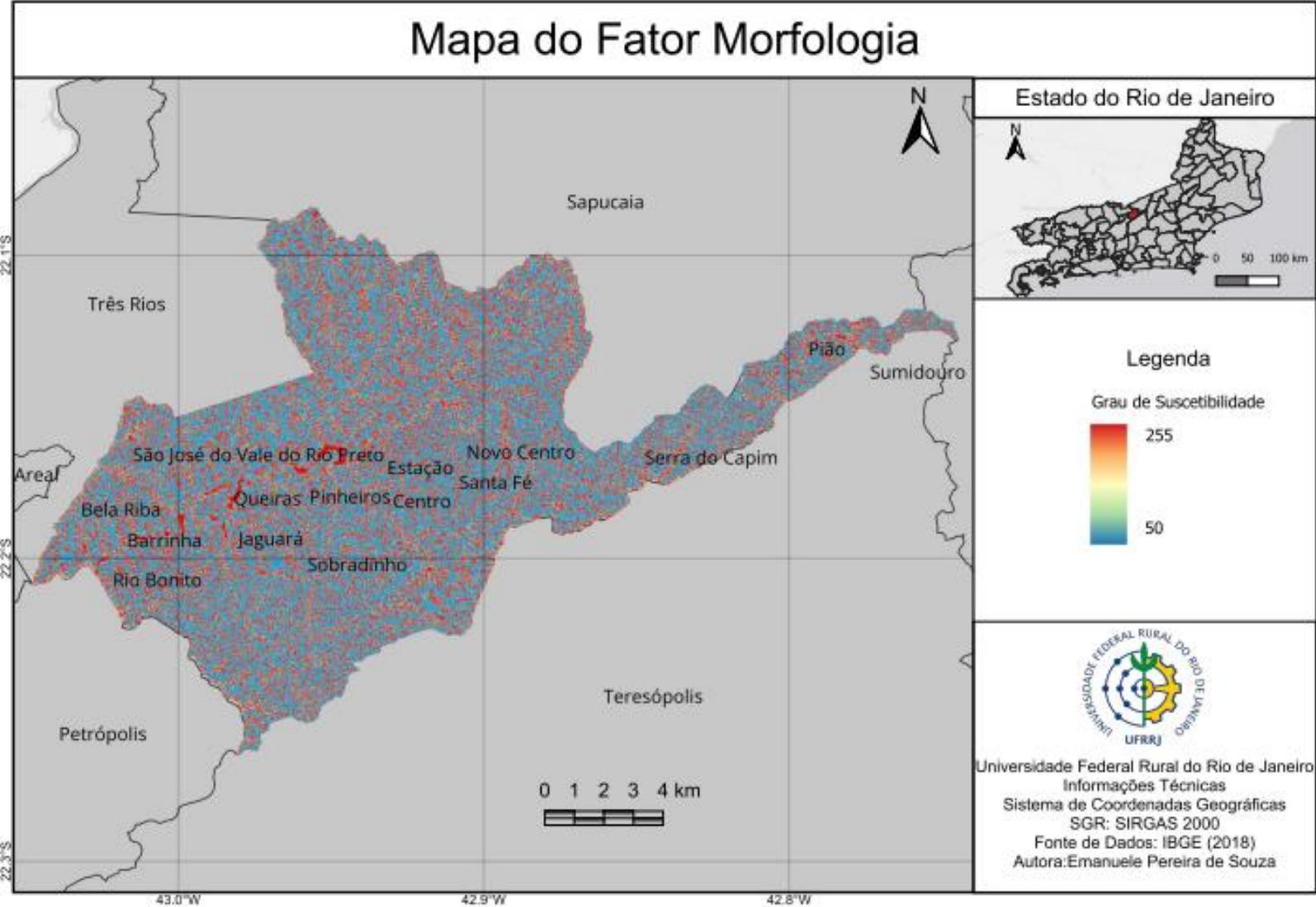
## APÊNDICE D - MAPA DO FATOR DECLIVIDADE



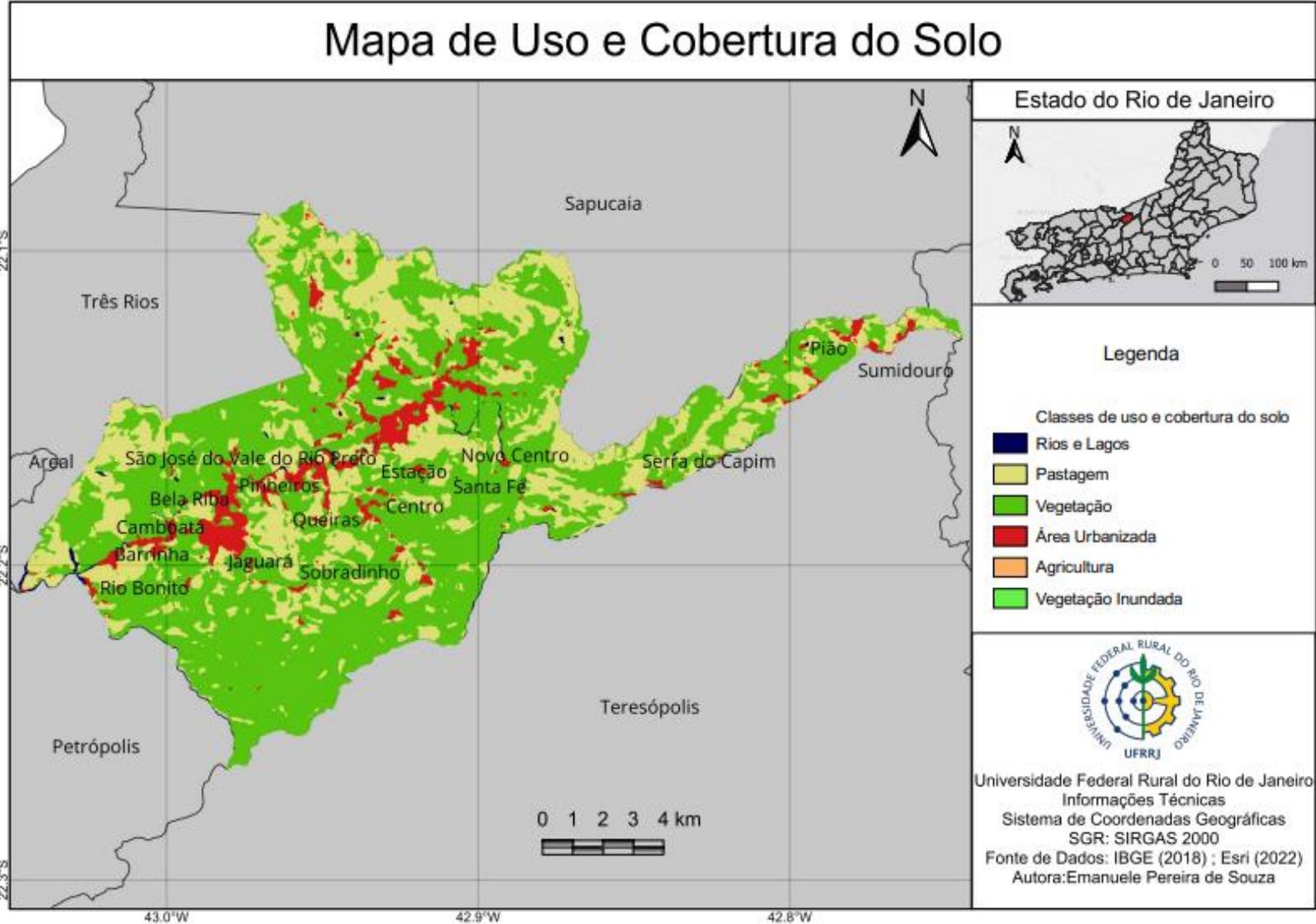
APÊNDICE E - MAPA DA MORFOLOGIA



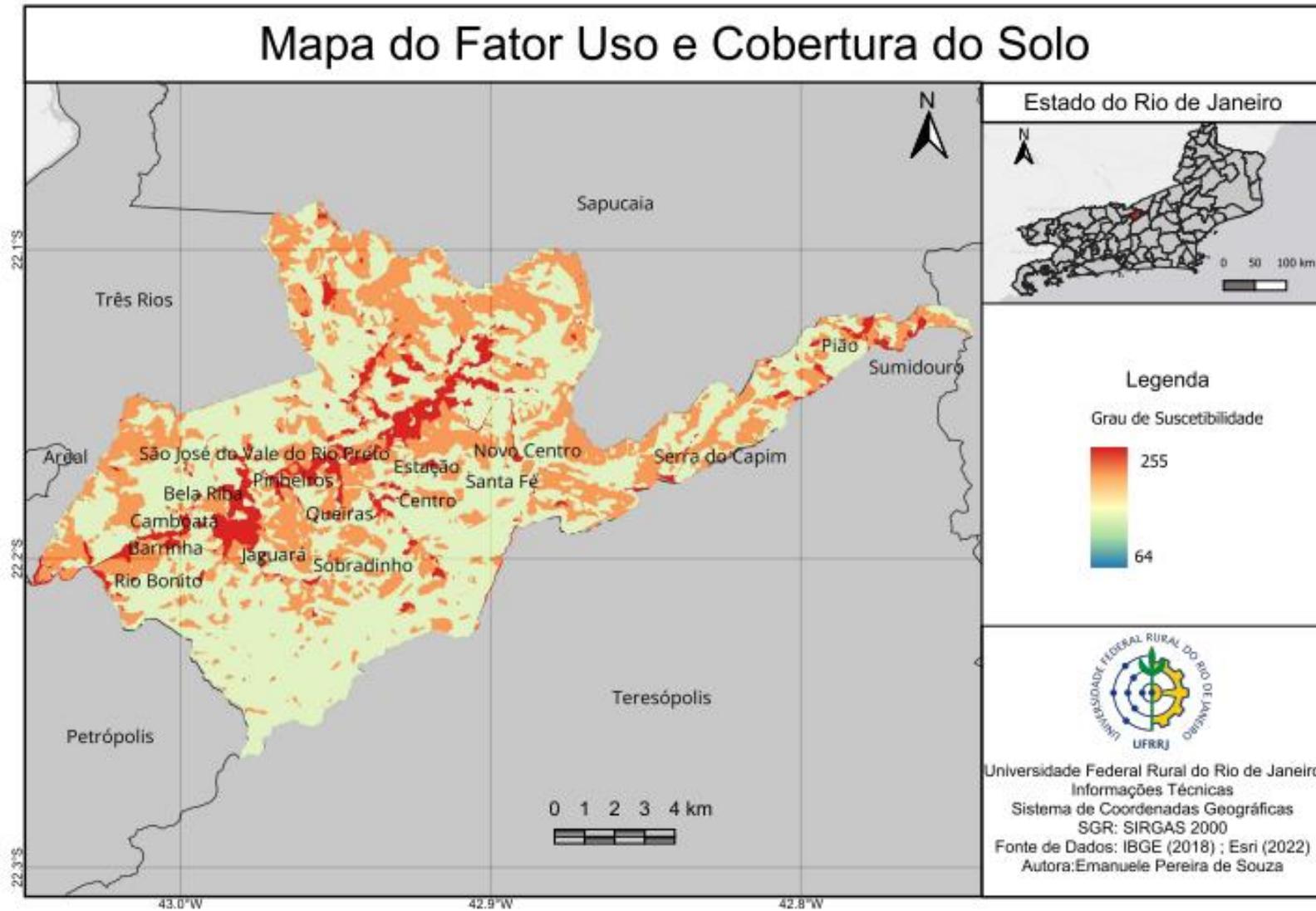
APÊNDICE F - MAPA DO FATOR MORFOLOGIA



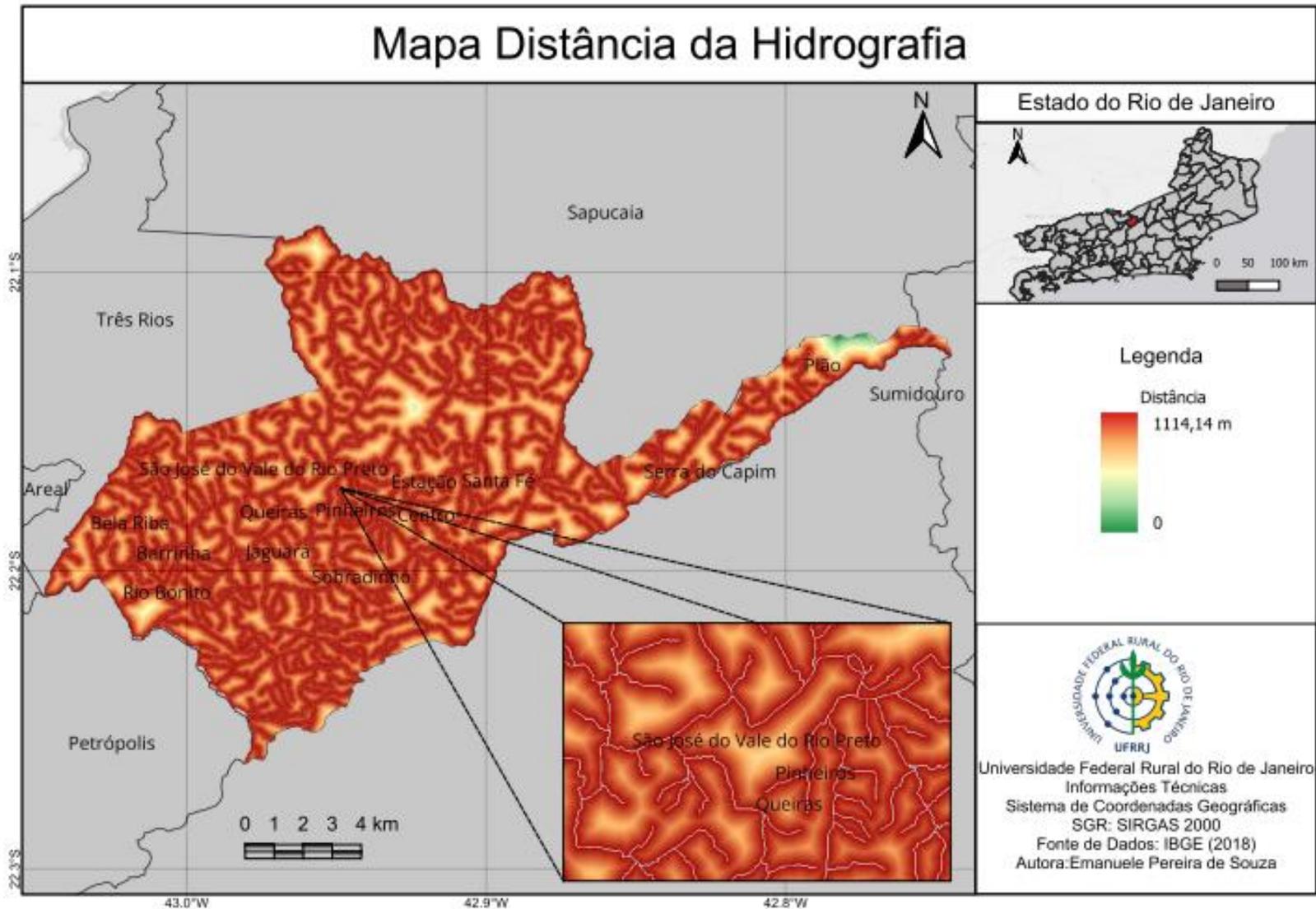
APÊNDICE G - MAPA DE USO E COBERTURA DO SOLO (ESRI)



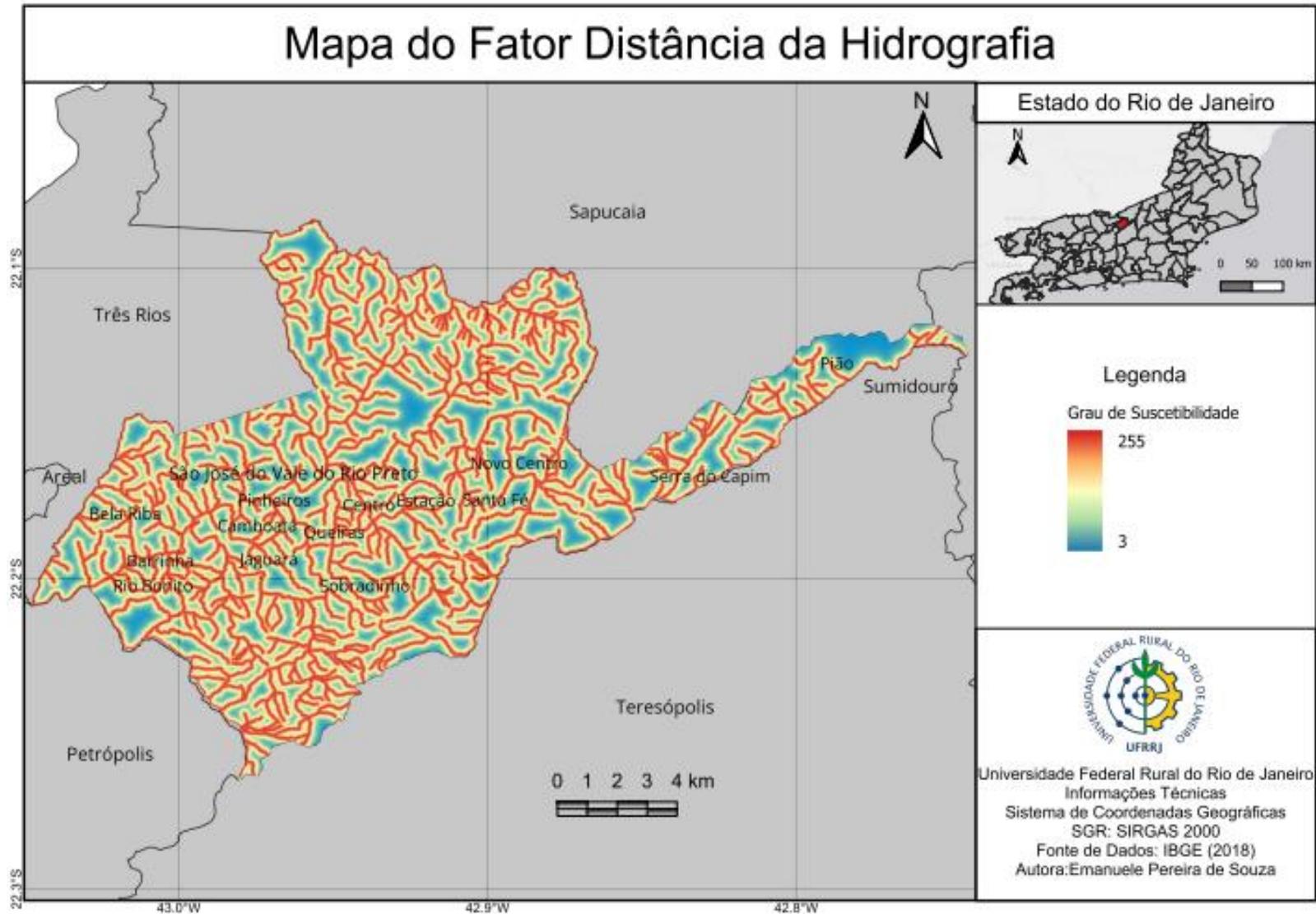
APÊNDICE H - MAPA DO FATOR USO E COBERTURA DO SOLO (ESRI)



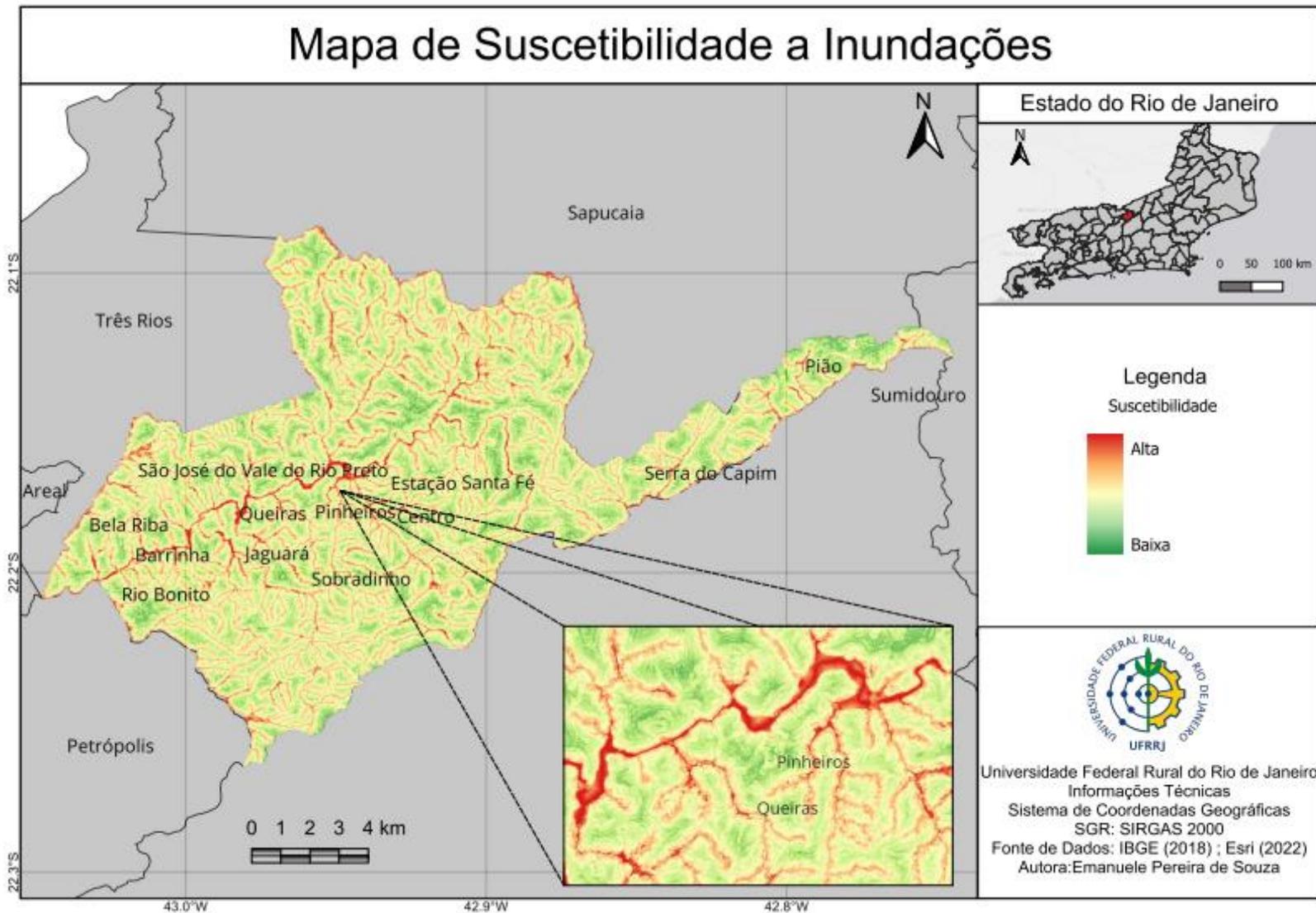
## APÊNDICE I - MAPA DA DISTÂNCIA DA HIDROGRAFIA



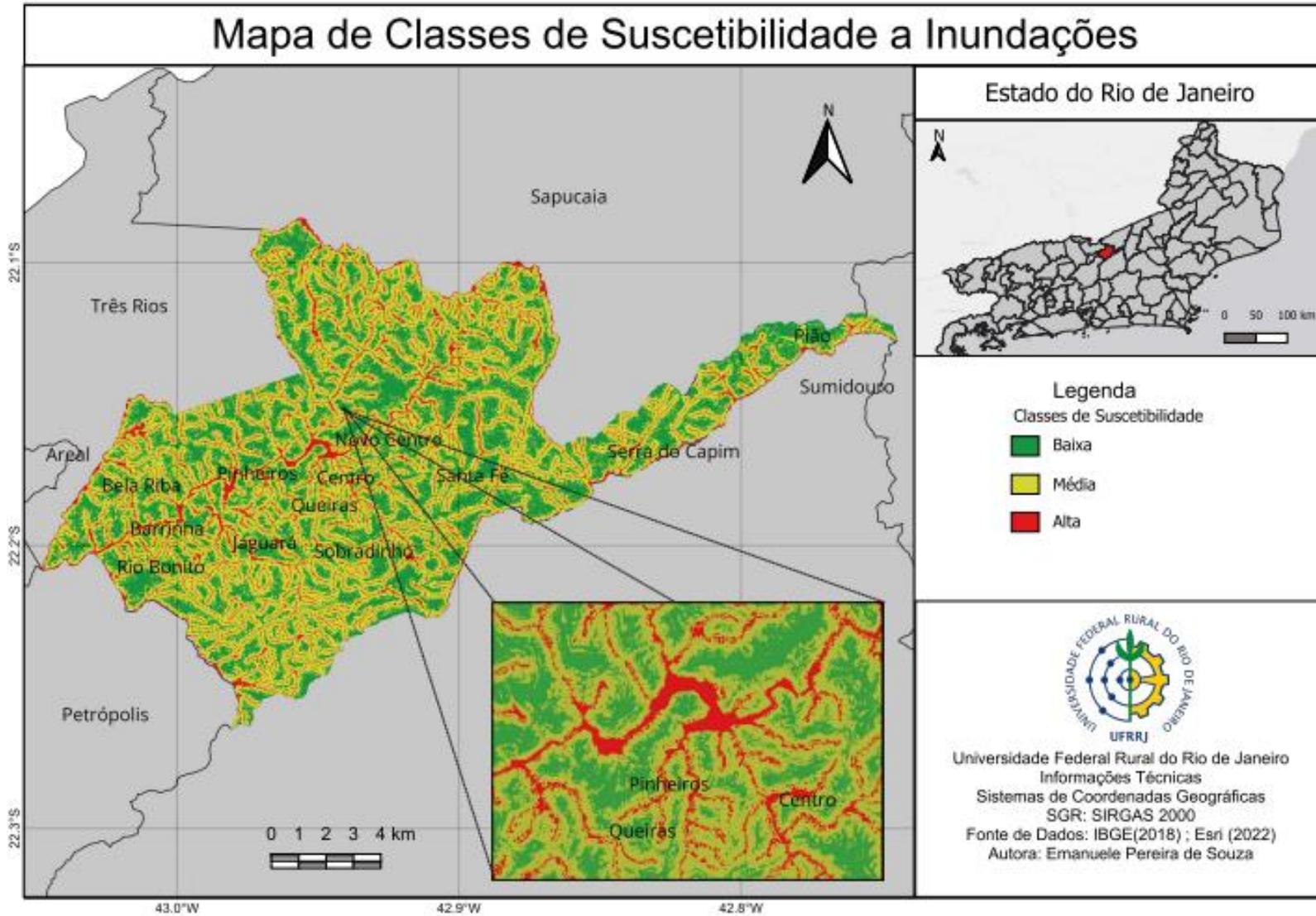
## APÊNDICE J - MAPA FATOR DISTÂNCIA DA HIDROGRAFIA



APÊNDICE K - MAPA DE SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES



APÊNDICE L - MAPA CLASSES DE SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES



APÊNDICE M - MAPA DE ÁREAS PARA PARQUES LINEARES

