



**Amanda Scofano de Andrade Silva**

**Análise do risco socioambiental no  
município de Teresópolis: uma proposta  
metodológica**

**Dissertação de mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
graduação em Geografia da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego

Rio de Janeiro  
Abril de 2019



**Amanda Scofano de Andrade Silva**

**Análise do risco socioambiental no  
município de Teresópolis: uma proposta  
metodológica**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
graduação em Geografia da PUC-Rio. Aprovada pela  
Comissão Examinadora abaixo.

**Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego**

Orientador

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

**Prof. Alvaro Ferreira**

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

**Profª Maria Fernanda Lemos**

Departamento de Arquitetura e Urbanismo – PUC-Rio

**Prof. Marcelo Motta de Freitas**

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 17 de abril de 2019.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Amanda Scofano de Andrade Silva**

Graduou-se em Geografia pela Universidade Gama Filho (UGF), no ano de 2012, com diploma emitido pela Universidade Estácio de Sá (UNESA) em 2016. Participou na UGF do grupo de pesquisa Oeste Carioca e teve seu projeto de pesquisa sobre a Faixa Marginal de Proteção do Rio do Saco, em Mangaratiba, aprovado e financiado pela Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP). Durante sua trajetória acadêmica na PUC-Rio teve dois artigos publicados na revista eletrônica da UERJ, “História, Natureza e Espaço”, denominados “Trilhando a paisagem: uma abordagem de conceitos e diálogos” e “Essência e aparência: um ensaio sobre a invisibilidade palpável do espaço e do cotidiano”.

#### Ficha Catalográfica

Silva, Amanda Scofano de Andrade

Análise do risco socioambiental no município de Teresópolis: uma proposta metodológica / Amanda Scofano de Andrade Silva; orientador: Luiz Felipe Guanaes Rego. – 2019.

207 f.: il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia e Meio Ambiente, 2019. Inclui bibliografia.

1. Geografia e Meio Ambiente – Teses. 2. Risco socioambiental. 3. Vulnerabilidade. 4. Suscetibilidade. 5. Álgebra de mapas. 6. SIG. I. Rego, Luiz Felipe Guanaes. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia e Meio Ambiente. III. Título.

COD: 910





À minha mãe, Aura Scofano, que me trouxe  
a esse mundo duas vezes.

## **Agradecimentos**

Aos meus pais, Aura Scofano (*in memoriam*) e João de Andrade Silva, por todos os anos de cuidado, carinho e incentivo a mim dedicados.

À minha avó, Giantira Cavaliere Scofano, pelo amor posto em prática por uma vida inteira.

Ao meu namorado, Philippe Quadros, pelo companheirismo sincero de anos e pelos diversos auxílios ao longo do processo de pesquisa.

À minha amiga-irmã, Karina Branco, pela amizade, força e torcida compartilhadas por todos esses (vinte) anos.

Aos amigos de longa data, Renan Gianoti e Bryan Lins, pelo carinho dedicado até hoje.

Aos amigos Denis Domingos e Debora Rodrigues, pela troca diária e pela torcida incansável e incentivadora.

À grande amiga que a PUC-Rio me deu, Renata Fernandes, pelo compartilhamento não só das atribulações acadêmicas, mas também pelas alegrias e risadas.

Ao meu orientador Luiz Felipe Guanaes Rego, pelas contribuições, auxílios e empatia durante a execução da dissertação.

Aos professores convidados da banca Maria Fernanda Lemos e Marcelo Motta, pelas considerações e encaminhamentos.

Ao professor Alvaro Ferreira, pela sensibilidade e inspiração dedicadas em todas as suas aulas.

A Helton Souza, do INEA, pela paciência e disponibilidade no auxílio ao levantamento dos dados.

Às ex-colegas da Universidade Gama Filho, Josiane Ramos e Natália Rodrigues, que compartilharam momentos incríveis e até hoje exercem importância em minha vida.

A todos os professores da extinta Universidade Gama Filho, que me deram bases para que fosse possível chegar no patamar atual.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## Resumo

Silva, Amanda Scofano de Andrade; Rego; Luiz Felipe Guanaes. Análise do risco socioambiental no município de Teresópolis: uma proposta metodológica. Rio de Janeiro, 2019. 207 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geografia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Por suas características naturais e sociais, o Brasil desponta como um dos países mais afetados pelos eventos extremos. Diante de tantas tragédias oriundas dos chamados “desastres naturais”, faz-se necessário redimensionar a importância da discussão acerca dos riscos socioambientais. A prevenção para os desastres naturais é um procedimento eficaz e de baixo custo se comparada com a restauração dos prejuízos ocasionados por esses eventos. As ferramentas contidas nos Sistemas de Informação Geográficas (SIGs) podem auxiliar efetivamente na prevenção dos riscos. A presente pesquisa é uma proposta metodológica para a análise de riscos socioambientais, utilizando como base a álgebra de mapas. O cenário escolhido foi o município fluminense de Teresópolis, por conta de sua geografia e de seu histórico de eventos naturais extremos. Fez-se uso de três frentes de dados para o cálculo do risco socioambiental: cartas de suscetibilidade da CPRM, mapeamento de uso e cobertura do INEA; e dados censitários do IBGE. Cruzou-se, através da álgebra de mapas, as três bases de dados oficiais, gerando resultados satisfatórios na análise de risco socioambiental. Nesse sentido a metodologia da presente pesquisa permitiu o manuseio de alguns dados dispersos, correlacionando-os em ambiente SIG e, oferecendo uma nova proposta no tratamento do risco socioambiental.

## Palavras-chaves:

Risco socioambiental; vulnerabilidade; suscetibilidade; álgebra de mapas; SIG; Teresópolis.

## **Abstract**

Silva, Amanda Scofano de Andrade; Rego; Luiz Felipe Guanaes. Socio-environmental risk analysis in the city of Teresópolis: a methodological proposal. Rio de Janeiro, 2019. 207 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geografia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Due to its natural and social characteristics, Brazil emerges as one of the countries most affected by extreme events. Faced with so many tragedies arising from the so-called "natural disasters", it is necessary to re-dimension the importance of the discussion about socio-environmental risks. Preventing natural disasters is an efficient and cost-effective procedure compared to restoring the damages caused by these events. The tools contained in Geographic Information Systems (GIS) can effectively aid in risk prevention. The present research is a methodological proposal for the analysis of socioenvironmental risks, based on map algebra. The chosen scenario was the Rio de Janeiro municipality of Teresópolis, due to its geography and its history of extreme natural events. Three data fronts were used to calculate socioenvironmental risk: CPRM susceptibility charts, use mapping and INEA coverage; and IBGE census data. All the data were integrated and manipulated in a GIS environment, providing reliable results about the social-environmental risk level of the municipality. In this sense, the methodology of the present research allowed the manipulation of some dispersed data, correlating them in a GIS environment, and offering a new proposal in the treatment of socio-environmental risk.

## Palavras-chaves:

Socio-environmental risk; vulnerability; susceptibility; maps algebra; GIS; Teresópolis.

## Sumário

1.	Introdução	22
2.	Objetivo geral	26
2.1.	Objetivos específicos	26
3.	Metodologia	27
3.1.	Área de estudo	27
3.2.	Materiais	27
3.3.	Procedimentos	27
3.3.1.	Organização das informações	27
3.3.2.	Reclassificação da carta de suscetibilidade	28
3.3.3.	Reclassificação do uso e cobertura do solo	28
3.3.4.	Integração de dados socioeconômicos a partir de operação entre matrizes temáticas	29
3.3.5.	Síntese geográfica: operação booleana entre matrizes temáticas	29
4.	Fundamentação teórica	31
4.1.	Risco e vulnerabilidade socioambientais: ideias complementares	31
4.1.1.	Risco	32
4.1.2.	Vulnerabilidade	35
4.2.	O espaço urbano como cenário de riscos	42
4.2.1.	Inundações e movimentos de massa: suscetibilidades urbanas	47
4.3.	Carta de suscetibilidade, um instrumento de planejamento	52
4.3.1.	Carta de suscetibilidade: metodologia para os movimentos de massa	56
4.3.2.	Carta de suscetibilidade: metodologia para as inundações	59
4.4.	As geotecnologias e os riscos socioambientais	63

4.4.1.	O auxílio da análise multicritério nas tomadas de decisões	65
4.4.2.	Álgebra de mapas	66
4.5.	O papel dos dados demográficos na análise da realidade espacial	69
5.	Resultados	74
5.1.	Análise dos mapas de suscetibilidade da CPRM	74
5.1.1.	Movimentos de massa	74
5.1.2.	Inundações	85
5.2.	Análise do mapeamento de uso e cobertura do solo do INEA	96
5.3.	Análise das variáveis censitárias	104
5.3.1.	Renda	106
5.3.2.	Quantidade de moradores	111
5.3.3.	Infraestrutura dos domicílios	118
5.3.3.1.	Condição de ocupação do domicílio	118
5.3.3.2.	Abastecimento de água	124
5.3.3.3.	Esgotamento sanitário	128
5.3.3.4.	Coleta de lixo	132
5.3.3.5.	Distribuição de energia elétrica	136
5.4.	Fragilidade de Infraestrutura	138
5.5.	Alfabetismo	142
5.6.	Análise da vulnerabilidade social	146
6.	Aplicação da álgebra de mapas	152
6.1.	Reclassificações	152
6.1.1.	Reclassificação dos movimentos de massa	153
6.1.2.	Reclassificação das inundações	156
6.1.3.	Reclassificação dos tipos de usos do solo	158
6.1.4.	Reclassificação da vulnerabilidade social	162
6.2.	Raster Calculator	164
6.3.	Risco socioambiental nos distritos do município de Teresópolis	169
6.3.1.	Distrito de Teresópolis	171

6.3.2.	Distrito do Vale do Paquequer	174
6.3.3.	Distrito do Vale de Bonsucesso	177
6.4.	Discussões	181
7.	Considerações Finais	190
8	Referências bibliográficas	192

## Lista de figuras

Figura 1 -	Gráfico de distribuição regional de deslizamentos	23
Figura 2 -	Gráfico de distribuição regional de inundações	23
Figura 3 -	Gráfico de óbitos por tipo de desastre	24
Figura 4 -	Gráfico do número de mortos e afetados por região brasileira	24
Figura 5 -	Frente de dados componentes do mapa de risco socioambiental	30
Figura 6 -	Gráfico demonstrativo da relação entre risco, ameaça e vulnerabilidade.	37
Figura 7 -	Comparativo de crescimento da população nos países desenvolvidos e em desenvolvimento	44
Figura 8 -	Gráfico de urbanização brasileira (1940-2010)	45
Figura 9 -	Vazões do rio ao longo do tempo para diferentes coberturas do solo	48
Figura 10 -	Cartograma dos municípios brasileiros em relação a inundações em áreas urbanas (2008-2013)	49
Figura 11 -	Gráfico de distribuição macrorregional dos movimentos de massa	50
Figura 12 -	Estados com mais municípios atingidos por deslizamentos em sua área urbana	51
Figura 13 -	Polígonos demarcados em locais de cicatrizes	57
Figura 14 -	Gráfico da relação entre as áreas de cicatrizes e a área total	58
Figura 15 -	Classificação da suscetibilidade a partir da aplicação do modelo HAND em planícies e terraços	62
Figura 16 -	Matriz de correlação entre os índices morfométricos e o modelo HAND	62
Figura 17 -	Diagrama de Venn ilustrando a diferença entre o conjunto fuzzy e o booleano	66
Figura 18 -	Comparativo entre os formatos vetor e raster	67
Figura 19 -	Codificação da célula raster	67
Figura 20 -	Mapa de declividade do município de Teresópolis	76

Figura 21 - Mapa de declividade de Teresópolis e entorno	78
Figura 22 - Mapa geomorfológico de Teresópolis e adjacências	79
Figura 23 - Mapa de suscetibilidade aos movimentos de massa no município de Teresópolis	80
Figura 24 - Perfil esquemático transversal da região entre o Oceano Atlântico e o Vale do Paraíba, no Rio de Janeiro	81
Figura 25 - Características geológicas de Teresópolis	82
Figura 26 - Mapa dos domínios de risco a escorregamentos no estado do Rio de Janeiro	83
Figura 27 - Detalhe comparativo de ortofoto antes e depois da classificação de suscetibilidade	83
Figura 28 - Exemplo de deslizamento translacional em forma esquemática e em destaque na imagem	84
Figura 29 - Precipitações anuais médias entre os anos de 1977 e 2006 para os distritos de Teresópolis	85
Figura 30 - Gráfico de precipitação acumulada entre os anos de 2007 e 2012	86
Figura 31 - Mapa de suscetibilidade a inundações – Teresópolis	88
Figura 32 - Mapa dos principais rios e córregos de Teresópolis e delimitação da bacia do Paquequer	90
Figura 33 - Mapa de suscetibilidade a inundações em detalhe	92
Figura 34 - Detalhe da região central de Teresópolis	93
Figura 35 - Classificação de suscetibilidade na região central de Teresópolis	93
Figura 36 - Área periurbana ao norte da bacia do Paquequer e seu perímetro de suscetibilidade	94
Figura 37 - Detalhe da área de confluência entre o rio Meudon e o Paquequer	94
Figura 38 - Limpeza da calha do rio Meudon	95
Figura 39 - Mapa de usos do solo – Teresópolis	100
Figura 40 - Gráfico de participação na agropecuária do estado do Rio de Janeiro (2006-2010)	102



Figura 41 - Gráfico de evolução dos usos do solo – Teresópolis (1994-2015)	103
Figura 42 - Mapa de vulnerabilidade de renda mínima e máxima – Teresópolis	109
Figura 43 - Mapa de vulnerabilidade de renda – Teresópolis	110
Figura 44 - Mapa dos setores censitários com número mínimo e máximo de moradores	114
Figura 45 - Mapa de vulnerabilidade em relação ao número de moradores	116
Figura 46 - Demarcação das áreas urbanas de Teresópolis	117
Figura 47 - Mapa de fragilidade em relação à tipologia dos domicílios	122
Figura 48 - Gráfico de tipologia dos domicílios	123
Figura 49 - Mapa de fragilidade em relação ao abastecimento de água	126
Figura 50 - Mapa de fragilidade em relação ao esgotamento sanitário	130
Figura 51 - Quantidade de pessoas atendidas por esgotamento sanitário no município de Teresópolis (2010-2016)	131
Figura 52 - Mapa de fragilidade em relação ao destino do lixo	134
Figura 53 - Mapa de fragilidade em relação à distribuição de energia elétrica	137
Figura 54 - Mapa de fragilidade de infraestrutura	140
Figura 55 - Mapa de vulnerabilidade de alfabetismo	145
Figura 56 - Mapa dos setores censitários com vulnerabilidade social mínima e máxima	148
Figura 57 - Mapa de vulnerabilidade social do município de Teresópolis	150
Figura 58 - Modelo de operação local/pontual	153
Figura 59 - Mapa de reclassificação de risco a movimentos de massa	155
Figura 60 - Mapa de reclassificação de risco a inundações	157
Figura 61 - Mapa de reclassificação dos usos do solo	161

Figura 62 - Mapa de reclassificação da vulnerabilidade social	163
Figura 63 - Gráfico das classes de vulnerabilidade social no município de Teresópolis	164
Figura 64 - Soma das camadas raster classificadas	164
Figura 65 - Mapa dos valores de risco socioambiental – Teresópolis	165
Figura 66 - Mapa de risco socioambiental de Teresópolis	167
Figura 67 - Mapa vetorial de risco socioambiental – Teresópolis	168
Figura 68 - Mapa dos distritos de Teresópolis	170
Figura 69 - Mapa de risco socioambiental no distrito de Teresópolis.	172
Figura 70 - Gráfico de risco socioambiental no distrito de Teresópolis	173
Figura 71 - Mapa de risco socioambiental no distrito do Vale do Paquequer	175
Figura 72 - Gráfico de risco socioambiental no distrito do Vale do Paquequer	176
Figura 73 - Mapa de risco socioambiental no distrito do Vale de Bonsucesso	178
Figura 74 - Gráfico de risco socioambiental no distrito do Vale de Bonsucesso	179
Figura 75 - Áreas de construção dentro da APP, localidade de Bonsucesso – Teresópolis	183
Figura 76 - Áreas de construção irregular em APP, após o desastre de 2011, localidade de Bonsucesso – Teresópolis	183
Figura 77 - Construção em áreas de risco no bairro da Granja Florestal, distrito de Teresópolis	184
Figura 78 - Bairro da Granja Florestal após os deslizamentos em 2011, distrito de Teresópolis	185
Figura 79 - Localidade no bairro da Granja Florestal, atingida pelos deslizamentos	185

## Lista de quadros

Quadro 1 -	Pesos da reclassificação da carta de suscetibilidade	28
Quadro 2 -	Reagrupamento e reclassificação dos tipos de cobertura do solo	28
Quadro 3 -	Comparativo de definições de vulnerabilidade por distintos autores	36
Quadro 4 -	Variáveis utilizadas para análise da vulnerabilidade ambiental em diferentes autores	40
Quadro 5 -	Caracterização dos processos geo-hidrológicos analisados no mapeamento de suscetibilidade	54
Quadro 6 -	Parâmetros utilizados pela CPRM para compor a morfometria de bacia	60
Quadro 7 -	Principais mudanças nos censos brasileiros ao longo das décadas	70
Quadro 8 -	Série histórica de eventos e intervenções fluviais no município de Teresópolis	91
Quadro 9 -	Definições da classificação de uso do solo do INEA	97
Quadro 10 -	Classificação e características dos IQUS	103
Quadro 11 -	Variáveis referentes à renda do domicílio, seus respectivos valores (2010) e pesos	107
Quadro 12 -	Variáveis censitárias referentes ao abastecimento de água	124
Quadro 13 -	Variáveis censitárias referentes ao esgotamento sanitário	128
Quadro 14 -	Variáveis censitárias referentes à coleta de lixo	132
Quadro 15 -	Variáveis censitárias referentes à distribuição de energia elétrica	136
Quadro 16 -	Variáveis censitárias referentes ao alfabetismo	143
Quadro 17 -	Classes de risco socioambiental e valores gerais da reclassificação	152
Quadro 18 -	Valores correspondentes às classes de suscetibilidade a movimentos de massa	154
Quadro 19 -	Valores correspondentes às classes de suscetibilidade a inundações	156

Quadro 20 -	Graus de proteção relativos ao tipo de cobertura vegetal	158
Quadro 21 -	Valores correspondentes à reclassificação de usos do solo	159
Quadro 22 -	Valores correspondentes às classes de vulnerabilidade social	162

## Lista de tabelas

Tabela 1 -	Distribuição espacial dos danos humanos relacionados aos movimentos de massa	50
Tabela 2 -	Domicílios com questionário de amostra – percentual por número de habitantes	72
Tabela 3 -	Porcentagem das áreas em relação à classificação de relevo da EMBRAPA	77
Tabela 4 -	Distribuição de área para cada classe de suscetibilidade a movimentos de massa	81
Tabela 5 -	Total da área de cada classe de suscetibilidade a inundações	88
Tabela 6 -	Quantidade de áreas inundáveis classificadas	95
Tabela 7 -	Valores da área de cada classe de uso do solo – Teresópolis	101
Tabela 8 -	Limites das classes de fragilidade – renda	109
Tabela 9 -	Quantidade de setores por classe de fragilidade em relação à renda	111
Tabela 10 -	Limites das classes de acordo com o número de moradores e seus respectivos pesos	112
Tabela 11 -	Limites das classes de fragilidade – Quantidade de moradores	115
Tabela 12 -	Quantidade de setores por classe de fragilidade em quantidade de moradores	117
Tabela 13 -	Limites das classes de fragilidade – Tipologia dos domicílios	120
Tabela 14 -	Quantidade de setores por classe de fragilidade em tipologia de domicílios	123
Tabela 15 -	Limite das classes de fragilidade – abastecimento de água	125
Tabela 16 -	Quantidade de setores por classe de fragilidade em abastecimento de água	127
Tabela 17 -	Tipos de abastecimento de água por domicílio – Teresópolis	127

Tabela 18 -	Limite das classes de fragilidade – esgotamento sanitário	129
Tabela 19 -	Quantidade de setores por classe de fragilidade em esgotamento sanitário	131
Tabela 20 -	Tipos de esgotamento sanitário por domicílios – Teresópolis	132
Tabela 21 -	Limites das classes de fragilidade – coleta de lixo	133
Tabela 22 -	Quantidade de setores por classe de fragilidade em coleta de lixo	135
Tabela 23 -	Percentual da população atendida pelo serviço de coleta de lixo domiciliar	135
Tabela 24 -	Limites das classes de fragilidade – distribuição de energia elétrica	136
Tabela 25 -	Quantidade de setores por classes de fragilidade em distribuição de energia elétrica	138
Tabela 26 -	Limites das classes de fragilidade – infraestrutura dos domicílios	139
Tabela 27 -	Quantidade de setores por classes de fragilidade em infraestrutura domiciliar	141
Tabela 28 -	Comparativo da fragilidade de infraestrutura em Teresópolis (setores mínimo e máximo)	141
Tabela 29 -	Limites das classes de fragilidade – alfabetismo	144
Tabela 30 -	Quantidade de setores por classe de fragilidade em alfabetismo	146
Tabela 31 -	Limites das classes de vulnerabilidade social do município de Teresópolis	149
Tabela 32 -	Quantidade de setores por classe de vulnerabilidade social	151
Tabela 33 -	Percentual de classes de uso do solo após a reclassificação	162
Tabela 34 -	Limites dos valores de risco e suas respectivas classes	166

Tabela 35 -	Quantidade de área correspondente a cada classe de risco socioambiental	169
Tabela 36 -	Percentuais de vulnerabilidade do distrito de Teresópolis	173
Tabela 37 -	Percentuais de vulnerabilidade do distrito do Vale do Paquequer	176
Tabela 38 -	Percentuais de vulnerabilidade do distrito do Vale de Bonsucesso	179
Tabela 39 -	Classificação das áreas de risco socioambiental dos distritos de Teresópolis, Vale do Paquequer e Vale de Bonsucesso	180

## **Lista de abreviaturas e siglas**

ADH – Atlas do Desenvolvimento Humano

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambienta

ABMS – Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica

ANA – Agência Nacional de Águas

APA – Área de Proteção Ambiental

APP – Área de Proteção Permanente

CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

CGU – Corregedoria Geral da União

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DRM-RJ – Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuário

FIOCRUZ – Fundação Instituto Oswaldo Cruz

GSF – Grau de Suscetibilidade Final

IAEG – International Association for Engineering Geology and the Environment

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFDM – Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal

INAF – Indicador de Alfabetismo Funcional

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

ISD – Índice de Suscetibilidade a Deslizamentos

ISSMGE – International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

ISRM – *International Society for Rock Mechanics*

IQUS – Índice de Qualidade de Uso do Solo e Cobertura Vegetal

IVS – Índice de Vulnerabilidade Social

MDE – Modelo Digital de Elevação



MDT – Modelo Digital do Terreno

MMA – Ministério do Meio Ambiente

ONU – Organização das Nações Unidas

PARNASO – Parque Nacional da Serra dos Órgãos

PNPDEC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

PNUD – Plano das Nações Unidas para o Desenvolvimento

SIG – Sistema de Informação Geográfica

UCs – Unidades de Conservação

UNESCO – Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura

WLC – Weighted Linear Combination

*“De um dos cabeços da Serra dos Órgãos  
desliza um fio de água que se dirige para  
o norte, e engrossado com os mananciais  
que recebe no seu curso de dez léguas,  
torna-se                    rio                    caudal.  
É o Paquequer, saltando de cascata em  
cascata, enroscando-se como uma  
serpente, vai depois se espreguiçar na  
várzea e embeber no Paraíba, que rola  
majestosamente em seu vasto leito.  
[...]*

*Não é neste lugar que ele deve ser visto;  
sim três ou quatro léguas acima de sua  
foz, onde é livre ainda, como o filho  
indômito desta pátria de liberdade”.*

*José de Alencar, O*

*Guarani*

## 1. Introdução

O uso e ocupação do solo pelas atividades antrópicas geram transformações diretas e indiretas no meio ambiente, na paisagem e na própria vida humana. Com o passar das décadas o avanço tecnológico e a crescente urbanização trouxeram diversas mudanças no modo de vida das sociedades.

No Brasil essas transformações passam a acontecer com maior intensidade a partir da segunda metade do século XX. A rápida e intensa industrialização gerou alto crescimento demográfico, especialmente nas grandes cidades, além de inúmeros problemas ambientais (IPEA, 2016).

De acordo com estudos da ONU (2016), atualmente a população mundial é considerada majoritariamente urbana, o que implica em novas configurações espaciais e sociais, além de desafios ambientais. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2016), os principais problemas ambientais que necessitam de atenção do poder público dizem respeito à coleta e tratamento de esgoto e resíduos sólidos; à implantação de sistemas de drenagem urbana; à organização e, inclusive, realocação das ocupações em áreas de risco ambiental; e ao controle de emissões de poluentes.

As mais diversas formas de degradação ambiental atingem a população de modos distintos, de modo que *“os impactos das transformações ambientais são mais profundos em áreas mais carentes de infraestrutura e serviços urbanos”* (IPEA, 2016, p. 57).

Em muitos casos a expansão dos centros urbanos acarreta o avanço das moradias para áreas de alta fragilidade ambiental, como encostas ou margens de rios. A população que fixa moradia nesses locais está mais exposta ao risco, tornando-se assim, mais vulnerável (NUNES, 2015).

Muitas vezes as configurações espaciais das cidades possuem áreas estruturalmente inadequadas para moradia, que acentuam os prejuízos ocasionados por eventos extremos. Eventos esses que podem ser denominados de desastres naturais, definidos pelo Ministério da Integração Nacional (2012) como:

O resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, que excede a sua capacidade de lidar com o problema usando meios próprios (n.p.).

Segundo Kobiyama et al. (2003), os desastres naturais têm se intensificado por conta de diversos motivos, mas principalmente pelo gerenciamento incipiente das bacias hidrográficas, pela urbanização intensa e desordenada, e também pelas mudanças climáticas.

No caso brasileiro, a região Sudeste apresenta protagonismo em relação aos desastres naturais, principalmente no que tange aos deslizamentos e às inundações. Pode-se observar essa informação nas figuras 1 e 2 a seguir:

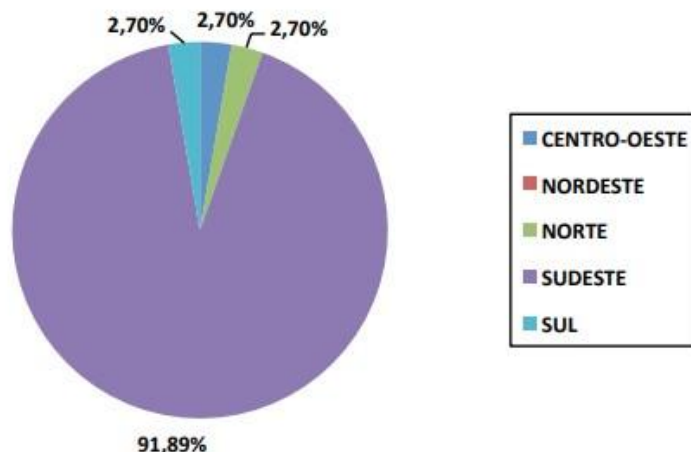


Figura 1: Gráfico de distribuição regional de deslizamentos  
Fonte: Ministério da Integração Nacional, 2012

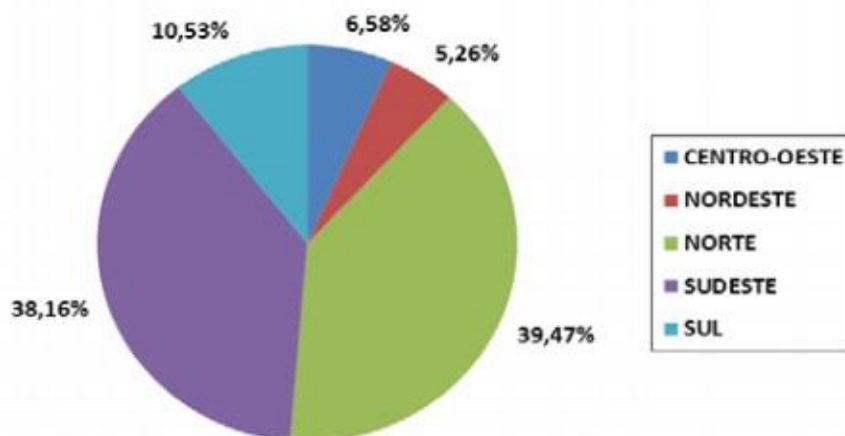


Figura 2: Gráfico de distribuição regional de inundações  
Fonte: Ministério da Integração Nacional, 2012

De acordo com o IBGE (2013), inundações, enxurradas e deslizamentos atingiram 40,9% dos municípios brasileiros. Em contrapartida, 48% das prefeituras não possuíam nenhum tipo de instrumento de planejamento contra esses eventos naturais.

A assimetria entre a recorrência dos fenômenos naturais e a eficácia dos instrumentos preventivos do poder público afeta negativamente a população. A

figura a seguir apresenta um demonstrativo de porcentagem de óbitos referente a cada desastre:

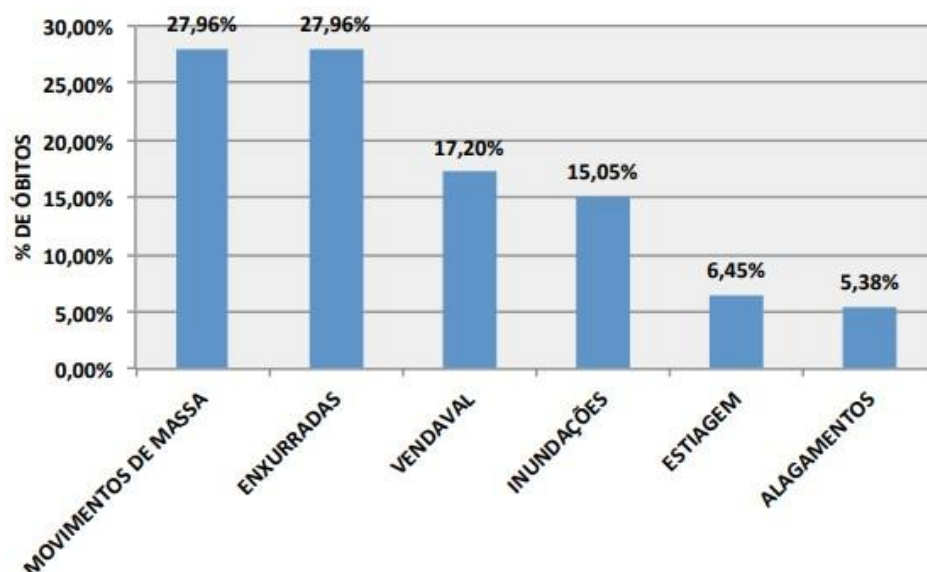


Figura 3: Gráfico de óbitos por tipo de desastre  
Fonte: Ministério da Integração Nacional, 2012

Ainda a esse respeito, a região Sudeste possui baixa porcentagem de pessoas afetadas por desastres naturais. Porém, simultaneamente, a porcentagem de óbitos é a mais alta do país. Pode-se inferir então que o perigo de mortalidade derivado dos desastres naturais é mais alto na região Sudeste, ainda que afete menos pessoas. Além disso, é a única região onde a porcentagem de óbitos é maior do que a de afetados. A figura a seguir apresenta esses demonstrativos:

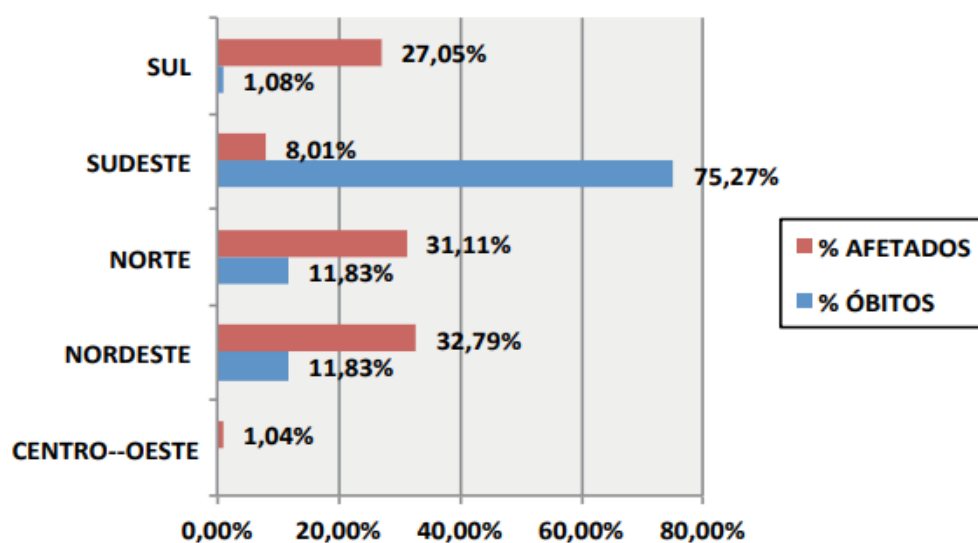


Figura 4: Gráfico do número de mortos e afetados por região brasileira  
Fonte: Ministério da Integração Nacional, 2012

A articulação entre a urbanização e a ampliação dos riscos naturais nas cidades constitui-se numa realidade cada vez mais complexa. Fatores como aglomeração de pessoas e de distintas atividades amplifica os impactos negativos derivados dos desastres naturais, pois o ambiente urbano é estruturado de modo altamente heterogêneo. Desse modo, os impactos serão diferentes de acordo com a conjuntura socioeconômica na qual estão inscritos (NUNES, 2015).

As diversas espacialidades que tecem e configuram o espaço urbano trazem desafios para a gestão urbana, principalmente nos âmbitos municipais. Para Kobiyama et al. (2004), os agentes atuantes na prevenção de desastres naturais são os órgãos governamentais, os não governamentais e individuais. Além disso, para prevenir desastres naturais é necessário ter domínio de compreensão acerca dos fatores condicionantes que trazem à tona certos eventos naturais, bem como tornar a sociedade mais resistente e preparada frente às adversidades trazidas por esses desastres.

Uma das ferramentas auxiliares para a prevenção dos impactos advindos dos desastres naturais são as geotecnologias. De acordo com Rosa (2005), atualmente suas aplicações se dão majoritariamente nos âmbitos da gestão municipal, no monitoramento do meio ambiente, nos agronegócios e em *utilities*, esfera que diz respeito aos serviços públicos como saneamento, energia, telecomunicações, dentre outros.

O avanço atual dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permite uma representação espacial cada vez mais próxima do real. *Softwares* mais modernos e potentes, mecanismos de classificação de imagens mais acurados, profissionais melhor preparados e maior facilidade de acesso à informação são fatores que correspondem à maior eficácia desse tipo de ferramenta (COSTA e SILVA, 2006).

A realidade urbana atual e seus aspectos socioambientais promovem dinâmicas espaciais progressivamente mais complexas e velozes, que geram desafios não só para a gestão urbana e a população, mas também para a capacitação da ciência geográfica de explicar o espaço.

Uma das possibilidades mais importantes que as geotecnologias nos apresentam é a análise espacial mais refinada e acurada, que ao ser utilizada a serviço da gestão urbana pode trazer benefícios à vida da população, bem como diminuir consideravelmente os prejuízos causados pelos desastres naturais.

## **2. Objetivo geral**

Desenvolver uma metodologia de integração para a classificação de risco socioambiental, utilizando o município de Teresópolis como rebatimento espacial.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Reavaliar espacialmente a carta de suscetibilidade do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM);
- Reavaliar espacialmente o mapeamento de uso e cobertura do solo do Instituto Nacional do Ambiente (INEA);
- Caracterizar o perfil socioeconômico e o seu grau de vulnerabilidade social a partir dos dados censitário do IBGE;
- Classificar as áreas de risco socioambiental do município fluminense de Teresópolis.

### 3. Metodologia

#### 3.1 Área de estudo

A presente pesquisa utilizou como base o município fluminense de Teresópolis, localizado na Região Serrana do estado. O município ocupa uma área de aproximadamente 771Km<sup>2</sup> na Serra dos Órgãos, na latitude 22°24'44" e longitude 42°57'56". Segundo o último Censo (2010), possui a população de 163.746 habitantes. Faz limite com os municípios de São José do Vale do Rio Preto, Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Petrópolis, Sapucaia e Nova Friburgo.

#### 3.2 Materiais

- Documentos diversos como: livros, teses, dissertações, artigos científicos e compilações produzidas pelas instituições oficiais públicas e/ou privadas;
- Imagens de satélite de alta resolução ortorretificadas do ano de 2014, disponibilizadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), com resolução de 1m;
- Cartas de suscetibilidade produzidas pela CPRM, no ano de 2014, na escala 1:25.000;
- Base hidrográfica ortocodificada multiescalas, produzida pela ANA, no ano de 2012, na escala 1:50.000;
- Mapeamento de uso e cobertura do solo, produzido pelo INEA, no ano de 2015, na escala 1:100.000;
- Dados censitários disponibilizados pelo IBGE, referentes ao Censo 2010, dentre eles: malha de setores censitários na escala 1:25.000 e planilhas de resultados do universo censitário;
- Software de processamento de dados espaciais, *ArcGis*, na versão 10.5.

#### 3.3 Procedimentos

##### 3.3.1 Organização das informações

Nesse primeiro momento realizou-se o levantamento bibliográfico em artigos, dissertações, teses e estudos diversos. Buscou-se o escopo teórico e metodológico do trabalho nos termos referentes a risco, vulnerabilidade, álgebra de mapas e análise multicritério.

Foram levantados também os dados geográficos e espaciais indispensáveis ao prosseguimento da pesquisa, como por exemplo: imagens de satélite, bases cartográficas, dados do universo censitário, dentre outros.



A fundamentação teórica também levou em conta a importância da carta de suscetibilidade como instrumento de planejamento e monitoramento, e o espaço urbano como cenário de concentração de riscos como movimentos de massa e inundações.

Por fim, foi realizada a contextualização do risco de Teresópolis, buscando dados históricos e sociais para compor a análise de risco socioambiental no espectro do município em questão.

### 3.3.2 Reclassificação da carta de suscetibilidade

Selecionou-se, através da carta de suscetibilidade da CPRM, os dois fenômenos naturais mais proeminentes na região – movimentos de massa e inundações – com o objetivo de reclassificá-los.

A reclassificação transformou as classes qualitativas (alta, média ou baixa) em numéricas, atribuindo-lhes peso maior às áreas de classes altas, e peso menor às regiões de classes baixas, da seguinte maneira:

Quadro 1: Pesos da reclassificação da carta de suscetibilidade

Classes da CPRM	Reclassificação numérica
<b>Alta</b>	x6
<b>Média</b>	x4
<b>Baixa</b>	x2
<b>Áreas não classificadas</b>	x1

Fonte: Própria autora, 2018

Realizando esse processo, torna-se possível somar algebricamente os produtos cartográficos, resultando fundamentalmente na composição do mapa de risco socioambiental final.

### 3.3.3 Reclassificação do uso e cobertura do solo

O INEA (Instituto Estadual do Ambiente – RJ), realizou em 2015 a classificação de uso e cobertura do solo, através de mapeamento automático. Objetivando facilitar a reclassificação proposta, reagrupamos as classes determinadas pelo órgão em um único conjunto, e atribuímos pesos a elas, como demonstra o quadro 2:

Quadro 2: Reagrupamento e reclassificação dos tipos de cobertura do solo

Cobertura do solo	Peso
<b>Água/Afloramento rochoso</b>	x1

<b>Reflorestamento/Comunidade Relíquia/Vegetação Secundária médio avançada/Vegetação secundária inicial</b>	x2
<b>Campo/pastagem</b>	x3
<b>Agricultura</b>	x4
<b>Solo exposto</b>	x5
<b>Urbano</b>	x6

Fonte: Própria autora, 2018

Assim, a tendência é que os pesos maiores sejam dados às áreas de maior modificação de cobertura e/ou mais expostas, potencializando o seu risco socioambiental.

### **3.3.4 Integração de dados socioeconômicos a partir de operação entre matrizes temáticas**

Tomando como documento norteador a Base de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário (IBGE, 2011), selecionamos as classes e variáveis demográficas a serem espacializadas posteriormente.

Para dar conta de mensurar tantas variáveis, sintetizando-as, foi utilizada a análise multicritério baseada na técnica *fuzzy*. Através dessa lógica, atribuiu-se pesos que variam de 10 a 255, considerando que quanto maior peso, maior é a vulnerabilidade (SANTOS et al., 2011).

As variáveis censitárias selecionadas foram:

- i. Renda;
- ii. Quantidade de moradores;
- iii. Condição de ocupação;
- iv. Infraestrutura dos domicílios (abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e distribuição de energia elétrica);
- v. Alfabetismo

A equação base utilizada para o manuseio das variáveis supracitadas é:

### **3.3.5 Síntese geográfica: operação booleana entre matrizes temáticas**

Num primeiro momento, a partir de operações realizadas em ambiente SIG, buscou-se transformar os dados vetoriais dos produtos cartográficos de movimentos de massa, inundações e de uso e cobertura do solo em arquivos de extensão *raster*.

Após esse processo reclassificou-se as categorias da CPRM (movimentos de massa e inundação), antes apenas qualitativas (alta, média e baixa), agora em classes quantitativas. Após agrupar os tipos de uso e cobertura do solo, realizou-se o mesmo procedimento de reclassificação.

Nessa etapa da pesquisa também espacializou-se vetorialmente os resultados numéricos do Índice de Vulnerabilidade Social em ambiente SIG, criando novas classes de vulnerabilidade. Novamente realizou-se a transformação para a extensão *raster*, e a posterior reclassificação.

A última parte do processo consiste na álgebra de mapas, realizada somando-se as reclassificações dos produtos cartográficos da CPRM, do INEA e do IBGE, como mostra a figura a seguir:

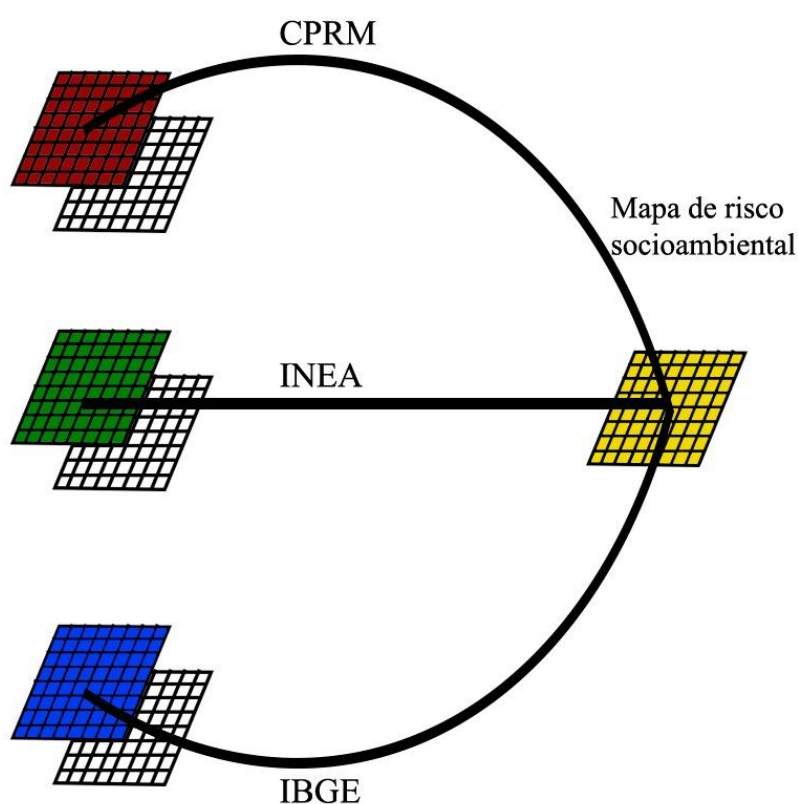


Figura 5: Frente de dados componentes do mapa de risco socioambiental  
Fonte: Própria autora, 2018

Como exemplifica a imagem supracitada, o mapa final de risco socioambiental será a conjunção dos dados manipulados, oriundos da CPRM, do INEA e do IBGE.

## 4. Fundamentação teórica

Na tentativa de investigar e desvendar a realidade espacial que nos cerca, podem ser utilizados os mais variados instrumentos e métodos que assegurem a qualidade dos resultados obtidos. A análise da realidade espacial é o cerne da ciência geográfica.

A relação das sociedades humanas com o espaço é uma espécie de ruptura progressiva ao longo do tempo. Quanto mais mecanizada a sociedade, maiores e mais rápidas serão essas transformações. As ações antrópicas continuadas se acumulam na natureza levando o homem ao papel de protagonista dessas transformações, ou ainda, elevando-o ao patamar de “fator modificador”, tal qual, os fatores naturais (climáticos, geológicos, geomorfológicos, dentre outros) (SANTOS, 1994).

Assim, a interferência humana na natureza assume novos aspectos, mais complexos e desafiadores, para as ciências. As discussões científicas atuais começam a assumir um papel que integre cada vez mais os aspectos relacionais do homem e da natureza.

A especialização da técnica coloca o homem cada vez mais como um fator externo à natureza, fato que modifica a problemática do espaço geográfico, apresentando novas dimensões (SANTOS, 1994).

Novas realidades necessitam de instrumentos, processos e teorias mais eficazes e que proporcionem subsídios para a compreensão das múltiplas dimensões do espaço. Com base nisso selecionamos alguns elementos conceituais e instrumentais que possam ser úteis e eficazes na investigação das transformações espaciais e na caracterização das mudanças paisagísticas.

### 4.1 Risco e vulnerabilidade socioambientais: ideias complementares

Alguns termos utilizados recorrentemente no cotidiano apresentam outras ênfases quando analisados a partir de seu escopo teórico e científico. Comumente as ideias e significados acerca das palavras *risco*, *vulnerabilidade* e *desastre* variam bastante e são empregadas em múltiplos sentidos.

Na tentativa de elucidar alguns aspectos a respeito desses termos, apresentamos a seguir uma breve discussão de abordagens e conceitos sobre vulnerabilidade e risco.

#### 4.1.1 Risco

A origem etimológica da palavra “risco” é incerta e muito se especula a respeito da sua evolução ao longo dos séculos. De acordo com os estudos de Lieber e Lieber (2002), a semelhança do termo antigo com seu significado atual (que remete às incertezas, perigos), possivelmente surgiu a partir do século XVI, em relações mercantis e comerciais.

As incertezas fazem parte da vida humana desde os tempos mais remotos. Pragas, doenças e catástrofes naturais são só alguns exemplos de riscos aos quais as sociedades humanas estiveram submetidas ao longo dos séculos.

Os chamados desastres naturais, ou *natural hazards*, foram por muito tempo o maior enfoque das pesquisas geográficas em termos de riscos. Esses estudos buscavam descrever, compreender e mapear os fenômenos naturais de maior proporção e que, conseqüentemente, geravam maiores transtornos ou mudanças.

No Brasil, uma das definições mais utilizadas no que diz respeito aos desastres naturais é obtida através do Glossário de Defesa Civil Brasileiro (1998), que explica da seguinte forma:

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. Os desastres são quantificados, em função dos danos e prejuízos, em termos de intensidade, enquanto que os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude (n.p).

Importante ressaltar que a denominação “naturais” utilizada aqui, não apresenta a ênfase puramente da natureza e dos fenômenos naturais, mas concomitantemente nos mostra as consequências dos desastres no âmbito das sociedades humanas. A ideia de risco e desastre normalmente está atrelada aos aspectos humanos.

Se o risco é um fator relacionado aos aspectos sociais de certa população ou grupo, entende-se que ele poderá ser potencializado ou minimizado de acordo com algumas determinantes sociais presentes ou ausentes naquela sociedade. Cutter (1996, p. 536-357, tradução nossa) elucida muito bem esse ponto ao dizer que *“riscos podem ser atenuados através de boa mitigação, ou amplificados por uma pobre ou inexistente prática mitigatória”*.

Na realidade atual, ainda que o progresso científico e tecnológico tenha ampliado e melhorado diversos âmbitos da vida humana, em outros aspectos o que houve foi apenas a transformação das ameaças ou o nascimento de outros riscos.

Por muito tempo os eventos naturais extremos, como tempestades, erupções vulcânicas, terremotos, dentre outros, representavam o único risco aos quais as sociedades estavam submetidas. Simultaneamente ao avanço tecnológico, houve também a potencialização das transformações antrópicas não só no ambiente natural, mas também na própria vida em sociedade. Assim, a chamada “sociedade industrial” é substituída e passa a ser chamada de “sociedade de risco”. Esse termo baseia-se na ideia de que os riscos aos quais a humanidade está submetida atualmente derivam do próprio desenvolvimento humano. As dimensões negativas do progresso têm comprometido a qualidade de vida humana e criado riscos até então inexistentes ou incipientes. Segundo essa ideia, as instituições econômicas, políticas, industriais e comerciais não dariam mais conta do próprio risco que elas mesmas criaram. Logo, as sociedades modernas seriam mais vulneráveis aos riscos do que as antigas (BECK, 1992; 1998).

Nesse sentido, Giddens (1990) também dá suas contribuições a respeito dos riscos no mundo moderno, e os separa em dois grandes grupos: no primeiro há os fatores que alteram a distribuição objetiva dos riscos, e no segundo os fatores que alteram a percepção dos riscos pela sociedade. Os fatores do primeiro grupo são: globalização (tanto na expansão mundial dos riscos, quanto na intensidade com a qual eles se apresentam); o risco derivado da natureza modificada pela ação antrópica; e o desenvolvimento de riscos ambientais institucionalizados (como, por exemplo, aquele produzido pelo mercado de investimentos). Já os fatores do segundo grupo são: a consciência do risco como risco, através da divulgação do conhecimento científico; a consciência bem distribuída do risco, onde muito dos perigos enfrentados já são conhecidos pela população; e a consciência das limitações humanas em lidar com os perigos.

De modo geral, a palavra “risco” remete às incertezas, possíveis perdas, probabilidade de perigo, prejuízos de ordem material, econômica e humana, que podem ocorrer no plano individual ou coletivo. Estar em risco seria correspondente a estar exposto a perigos externos, os quais possuem controle limitado por parte da população ou indivíduo afetado. (ESTEVES, 2011).

Torres e Costa (2000) afirmam que para que haja risco são necessários dois elementos: o agente ameaçador e o agente receptor. Assim, o elemento ameaçador é aquele que realiza a ação, ou a própria ação em si (no caso de fenômenos naturais, por exemplo), e o elemento receptor é aquele que recebe a ação, que está exposto a ela.

Segundo as considerações de Veyret (2007), os riscos possuem três dimensões que podem ou não ser complementares entre si: riscos ambientais, que podem ser puramente naturais, ou agravados por alguma ação humana no meio natural; os riscos industriais e tecnológicos, advindos da evolução da técnica e do progresso tecnológico; e os riscos econômicos, geopolíticos e sociais, que englobam agricultura, saúde, gestão de reservas naturais, dentre outros.

Em termos de categorização de riscos, Pinto (2007) os classifica em quatro tipos: os naturais, relativos ao meio ambiente natural e também àquelas localidades que possam sofrer influência direta ou indireta da ação humana; os construídos, que dizem respeito ao impacto das diversas construções realizadas pelo homem, como prédios, rodovias, hidrelétricas, dentre outros; os sociais, relativos às diversas formas de organização social, e que podem ser mensurados através do perfil da população; e os riscos produtivos, aqueles que têm relação com as atividades econômicas e não econômicas e suas produções.

Com base nas considerações supracitadas, percebe-se que os riscos não se restringem mais aos aspectos dos chamados natural hazards, ou desastres naturais. As mudanças de paradigmas, os novos modelos de produção e o mundo globalizado acabaram por potencializar riscos que já existiam e criaram novos riscos inexistentes anteriormente.

Existiriam então dois domínios do risco: as fontes potenciais e o contexto natural. O primeiro elemento diz respeito a fatores que podem incrementar um determinado aspecto do risco, potencializando sua força e, conseqüentemente, seus impactos sobre uma população, um ambiente ou um lugar. Já o contexto natural é o risco por si só, ou seja, o fenômeno em seu aspecto puro e desprovido de influências externas diretas (CUTTER, 1996).

Perrow (1984, apud DAGNINO e JUNIOR, 2007) propõe o sistema de riscos no intuito de demonstrar como um risco pode se relacionar com outro, no espaço ou no tempo, formando um sistema complexo. Pode acontecer em macroescala, como numa região metropolitana, constituída por diferentes municípios, ou em microescala, num complexo industrial por exemplo. O sistema de riscos torna-se potencialmente prejudicial principalmente a partir do século XX, quando os modelos de produção passam a ser cada vez mais interligados, aumentando as proporções de algum desastre.

A respeito da operacionalização dos riscos, Torres (2000) elenca algumas dificuldades que podem ser enfrentadas no processo de discriminação e mensuração dos mesmos. Por exemplo, existem riscos que não estão expostos à primeira vista: seus impactos negativos só são percebidos e sentidos após a

ocorrência. Além disso, a percepção do que configura o risco de fato é diferente para distintos grupos ou setores da população e pode se transformar ao longo do tempo. Por fim, a capacidade que determinado grupo tem de se proteger dos riscos é diretamente afetada pelo nível de renda.

A exposição ao risco afetará de formas diferentes os distintos grupos sociais e/ou indivíduos de determinado lugar. De acordo com Cunha (2014), aspectos como economia, demografia, saúde, educação, organização social, dentre outros, são elementos diretamente relacionáveis à capacidade de reação e ao grau de resiliência de uma determinada população. Nesse sentido, Hogan (2000, p. 41) pontuará muito bem a respeito do risco ambiental quando diz que *“as consequências da deterioração ambiental não são sentidas de forma igual entre grupos sociais nem uniformemente através do território”*.

#### 4.1.2 Vulnerabilidade

Por mais que a ideia de risco e vulnerabilidade sejam próximas e complementares, conceitualmente elas diferem. De modo geral, o sentido da palavra “vulnerabilidade” remete à qualidade de frágil, suscetível, indefeso. Segundo o Plano das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2007) o risco implica na exposição ao perigo, enquanto a vulnerabilidade mede a capacidade de resposta do indivíduo ou população após o acontecimento, bem como o tempo para se voltar à situação anterior ao evento ou à proximidade da mesma.

Watts e Bohle (1993) sugerem três coordenadas básicas da vulnerabilidade: o risco de exposição a crises, choques e perigos; capacidades inadequadas de lidar com esses mesmos perigos e crises; e o risco de consequências severas, derivadas do baixo grau de resistência ou resiliência de um grupo ou ambiente.

Similar à ideia supracitada de vulnerabilidade, Marandola Jr. e Hogan (2006), também a caracterizam através de três elementos:

- i. Exposição ao risco: em termos naturais, uma população ou indivíduo podem estar expostos a deslizamentos, inundações, terremotos, furacões, dentre outros. Em termos sociais, um grupo pode viver numa comunidade ou nação violenta, que passa por uma situação de guerra civil e estar exposto aos perigos decorrentes desses processos;
- ii. Capacidade de reação: nesse item busca-se analisar a velocidade e potência de reação do grupo ou indivíduo frente à intensidade do evento ocorrido;



- iii.* Grau de adaptação diante da materialização do risco: após o evento contabilizam-se os prejuízos (sejam humanos, ambientais ou estruturais) e qual é a capacidade desse grupo ou indivíduo de se adaptar ao ocorrido. Nesse quesito também se observa como e em quanto tempo a situação dessas pessoas voltará à normalidade.

De acordo com os elementos supracitados começa-se a desenhar a força da perspectiva social dentro dos conceitos de risco e vulnerabilidade. Entende-se que a capacidade de reação e o grau de adaptação de uma população ou indivíduo diante de algum evento são influenciadas diretamente pelos aspectos sociais, econômicos, tecnológicos e políticos aos quais esse grupo tem acesso. Cutter et al. (2003) resumem três grandes princípios que regem as condições de vulnerabilidade:

- i.* Modelo de exposição: identificar as condições que colocam pessoas ou lugares vulneráveis a eventos naturais extremos;
- ii.* Resiliência social aos perigos: a vulnerabilidade é uma condição e uma medida de resistência social ou resiliência aos riscos;
- iii.* Vulnerabilidade dos lugares: integração entre a exposição potencial e a resiliência social, com foco em determinados locais e regiões.

Dentro das diversas definições que podem ser extraídas sobre a vulnerabilidade, elencamos algumas sugeridas por diferentes autores que permitem ter uma ideia sobre a abrangência desse conceito:

Quadro 3: Comparativo de definições de vulnerabilidade por distintos autores

Autor	Definição
Dow (1992)	São as diferentes capacidades de grupos e indivíduos para lidar com perigos naturais, com base em suas posições dentro da sociedade e no espaço
Cutter (1993)	Probabilidade de um grupo ou indivíduo de estar exposto a um efeito adverso provocado por um perigo natural
Warmington (1995)	Uma condição que, adversamente, afeta a habilidade das pessoas de se preparar para enfrentar ou responder a um perigo
Comfort et al. (1999)	São as circunstâncias que colocam as pessoas em risco enquanto reduzem sua capacidade de resposta ou negam-lhe a proteção disponível
Sarewitz e Pielke (2000)	

	Refere-se à susceptibilidade de mudança de um sistema perante a ocorrência de um evento extremo
PNUD (2004)	Uma condição ou processo resultante de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, os quais determinam a probabilidade e escala dos danos causados pelo impacto de um determinado perigo

Fonte: Adaptado de Goerl et al. (2012)

Rebelo (2003, apud DAGNINO e JUNIOR, 2007) nos apresenta três proposições metodológicas que conjugam eficientemente as variáveis risco, ameaça e vulnerabilidade: a primeira equação apresentada é  $Risco = Ameaça + Vulnerabilidade$  ( $R=A+V$ ). De acordo com essa fórmula, basta existir uma ameaça para que exista risco, pois ainda que a vulnerabilidade seja 0 e a ameaça 1, então risco seria igual à ameaça, configurando 1 também. Só não haverá risco se também não houver ameaça. Por exemplo, numa área de possíveis movimentos de massa, esse fenômeno seria a ameaça. Caso haja pessoas vivendo nessa área, esse fator configuraria a vulnerabilidade. Logo, teríamos valor 1 das áreas propensas aos movimentos de massa, somado a 1 dos habitantes da região. O risco então seria 2. Mas segundo essa equação, ainda que não houvesse o fator populacional, somente os movimentos de massa, então a ameaça seria 1 e o risco também. O gráfico a seguir nos ajuda a compreender melhor essa fórmula:

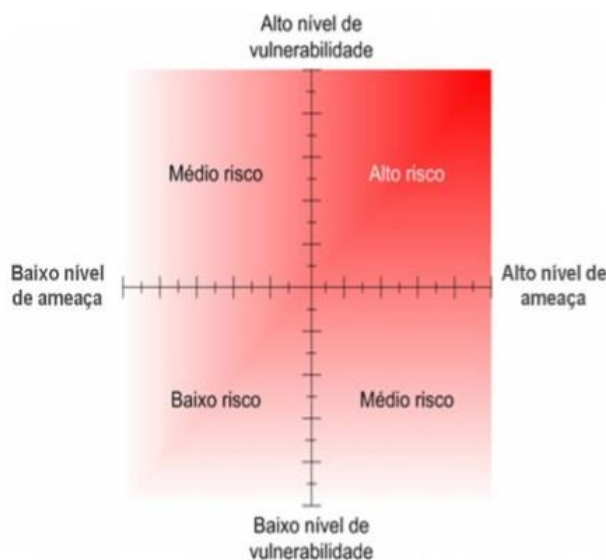


Figura 06: Gráfico demonstrativo da relação entre risco, ameaça e vulnerabilidade

Fonte: Dagnino e Junior, 2007

Quanto maior a ameaça e a vulnerabilidade, maior o risco. Segundo essa fórmula, a inversa também é proporcional, logo, quanto mais baixa a vulnerabilidade e o nível de ameaça, menor também o risco.

Já a segunda fórmula propõe que  $Risco = Ameaça \times Vulnerabilidade$  ( $R=A \times V$ ). Nessa segunda equação, o risco não é igual a ameaça, pois ele só existe caso haja algum tipo de vulnerabilidade. Utilizando o mesmo exemplo anterior, numa área onde haja propensão aos movimentos de massa, mas seja desprovida de habitantes, a ameaça seria 1 multiplicada por 0, resultando num risco 0. Pode-se dizer que essa equação leva em conta a ideia de risco como um fator social, logo, quando não há vulnerabilidades sociais, não há risco.

Por fim, a terceira fórmula é um pouco mais complexa e nos diz que  $Risco = função(ameaça, vulnerabilidade)$ , ou  $R=f(a,v)$ . Desse modo, o risco seria a função da ameaça e da vulnerabilidade. Aqui leva-se em conta o tipo de enfoque que se dará ao problema e às suas variantes. Nesse caso poderia ser levado em conta, por exemplo, se há ou não alguma obra preventiva de engenharia nas áreas com potenciais movimentos de massa, ou realizar uma caracterização dos tipos de movimentos de massa mais propensos a ocorrer.

A aplicação efetiva dos conceitos de risco e vulnerabilidade auxiliam na instrumentalização de metodologias que busquem realizar uma análise mais precisa da realidade geográfica de um determinado lugar.

Com base nas informações apresentadas e nas composições conceituais e metodológicas de diversos autores, já é possível elucidar melhor as diferenças entre o risco e a vulnerabilidade. Enquanto o risco trará a ideia de perigos e incertezas, a vulnerabilidade está atrelada ao potencial de perda, que pode ser social, ambiental, econômico ou até mesmo geográfico.

Durante muito tempo os estudos de vulnerabilidade geográficos deram ênfase aos aspectos puramente ambientais: erosão, poluição, desmatamento, dentre outros. A ideia de vulnerabilidade social era restrita a outras ciências humanas, como a sociologia e o direito.

O apelo das pesquisas acerca da vulnerabilidade social começa a se dar a partir dos anos 1960, tanto nas questões teóricas, quanto nas metodológicas, com a utilização de indicadores sociais. A justificativa desse retardamento nos estudos da vulnerabilidade social pode ser encontrado na afirmativa *“vulnerabilidades socialmente criadas são amplamente ignoradas, principalmente frente a dificuldade de quantificá-las”* (CUTTER, 2003, p. 243, tradução nossa).

A busca por entender a ocupação humana em áreas de risco, bem como a resposta desses grupos a acontecimentos extremos começa a surgir. É preciso destacar também a contribuição dos indicadores sociais de programas da ONU, como por exemplo o Programa Nacional de Desenvolvimento Humano (PNUD) que divulga dados acerca do bem-estar humano (CUTTER, 1996). No caso

brasileiro, o IBGE é o principal órgão responsável pela pesquisa e divulgação de dados censitários e sociais.

Ao tratar de vulnerabilidade social é importante que, num primeiro momento, se realize um inventário dos riscos para posteriormente identificar quais grupos sociais estão expostos a esses riscos e quais são as suas capacidades e recursos para reverter ou modificar essa situação. É preciso compreender que certos indivíduos em determinadas situações estão mais expostos ao risco do que outros. Essa exposição pode ser dar por fatores internos ou externos, domésticos ou comunitários, pessoais ou sociais. A falta de ativos ou estruturas que facilitem a resposta desses grupos gera uma situação de desvantagem social, como por exemplo a desigualdade socioeconômica. Ao criar setores da sociedade com menos recursos monetários, aplica-se a eles determinada condição social limitante, que diminui seu poder de resposta frente a uma situação de risco, tornando-os assim mais vulneráveis (VIGNOLI, 2001).

Cutter et al. (2003) colocam que a vulnerabilidade social é composta por dois tipos de desigualdades: a social e a local. Os principais fatores que correspondem às desigualdades sociais seriam o capital social, o status socioeconômico, o gênero, o acesso a redes e conexões sociais, a faixa etária, a etnia, o nível de educação, dentre outros. Já as desigualdades locais são os aspectos estruturais de um lugar, em termos de nível de urbanização, taxas de crescimento, acesso a serviços básicos como saneamento básico e coleta de lixo, dentre outros.

Através de variáveis como indicadores de renda, de escolaridade, quantidade de pessoas, qualidade e quantidade do acesso aos serviços básicos, por exemplo, o pesquisador elencará aquelas que mais se adequem ao objetivo do estudo. Identificar as variáveis da vulnerabilidade auxiliam no processo de compreensão e mensuração do impacto de determinada ameaça, pois apresentam fragilidades ou facilidades de determinado grupo em relação ao risco.

Já o conceito de vulnerabilidade ambiental, de modo geral, diz respeito ao grau de fragilidade ao qual determinado ambiente ou sistema natural está exposto. Ao falar acerca de vulnerabilidade ambiental, estaremos nos referindo a um conjunto de variáveis que podem influenciar ou interferir num determinado ambiente, tornando-o mais frágil.

Existem alguns pressupostos importantes ao tratarmos da fragilidade ambiental. Primeiramente, a abordagem sistêmica contempla de modo eficaz a ideia de vulnerabilidade ambiental, com suas múltiplas variáveis inter-relacionadas. Além disso, é importante ressaltar que ao utilizarmos esse conceito,

trabalharemos com uma boa dose de incertezas frente aos cenários ambientais futuros (EAKIN e LUERS, 2006).

As variáveis utilizadas nos estudos que determinarão o grau de vulnerabilidade ambiental de um sistema natural específico podem variar entre os autores. Na tentativa de enriquecer o debate, buscamos elencar algumas variáveis utilizadas por diferentes autores para dar conta da análise de vulnerabilidade ambiental, como demonstra o quadro 4:

Quadro 4: Variáveis utilizadas para análise da vulnerabilidade ambiental em diferentes autores

<b>Autor</b>	<b>Variáveis utilizadas na análise de vulnerabilidade ambiental</b>
Lima et al. (2000)	Elementos dos meios físicos, bióticos e antrópicos para caracterizar a sujeição do relevo a processos erosivos
Zielinski (2002)	Área impermeabilizada de microbacias hidrográficas e grau de pavimentação
Villa e McLeod (2002)	Grau de conservação do sistema natural, resiliência e exposição a pressões ambientais externas
Tran et al. (2002)	Densidade populacional, densidade de rodovias, uso e ocupação do solo e poluição por ozônio nas bacias hidrográficas
Tixier et al. (2005)	Gases tóxicos e lançamento de efluentes
Li et al. (2006)	Elementos do meio físico e biótico, exposição a fontes de pressão ambiental e impactos ambientais

Fonte: Adaptado de EMBRAPA, 2010

A tríade exposição-sensibilidade-resiliência é a formação mais comumente difundida pelos autores no estudo da vulnerabilidade, seja ela ambiental ou social. A exposição seria a intensidade ou o tempo de duração ao qual o sistema está exposto a agressões externas; a sensibilidade é a capacidade de absorção de impactos que um sistema tem, sem que se degrade ou modifique; e a resiliência é a habilidade de recuperação após as perturbações.

As pesquisas acerca da vulnerabilidade de sistemas socioecológicos mostram que a vulnerabilidade é influenciada tanto pela acumulação quanto pela decomposição dos elementos da resiliência socioecológica. Em outros termos, nos locais em que houver mais elementos de resistência, seja ela social ou ecológica, menor será a vulnerabilidade (ADGER, 2006).

Ao longo dos anos as pesquisas sobre os problemas derivados da relação sociedade-natureza caracterizaram-se por uma abordagem majoritariamente natural. O que vem sendo percebido nas últimas décadas é a disseminação do discurso multidisciplinar ou mesmo interdisciplinar entre a comunidade científica e os pesquisadores em geral. Segundo Esteves (2011), ultimamente a inter-relação

entre os eventos naturais extremos e as formas de organização social tem se tornado mais clara.

Observa-se também que os locais ambientalmente degradados muitas vezes conjugam com áreas degradadas socialmente, demonstrando a existência de uma inter-relação entre os fatores (TORRES, 2000). Cada vez menos um determinado evento natural se apresentará de modo desconexo das ações antrópicas.

A transformação desse olhar, antes puramente biofísico ou social, numa abordagem mais holística não se deu de forma aleatória nos mais variados campos das ciências. Como colocam Marandola Jr. e Hogan (2006):

Pesquisadores envolvidos em diferentes problemáticas, apoiados em diversos pressupostos teórico-metodológicos e ontológicos, só têm convergido na busca deste olhar porque há alterações na própria tessitura social e geográfica que imprime modificações na relação risco/proteção ou segurança/insegurança no atual estágio da modernidade. Estas alterações deslocaram o risco de um espaço circunscrito para o próprio mecanismo da reprodução social (p.34).

Os conceitos de risco e vulnerabilidade atuais pedem o desenvolvimento de modelos integradores que tomem por base elementos biofísicos e indicadores sociais (CUTTER, 2003).

A Geografia há muito que apresenta por diferencial e tradição justamente o atributo integrador das dimensões social e ambiental. Nesse sentido, o geógrafo não tratará exclusivamente da análise exclusiva dos aspectos sociais, bem como não se aterá somente aos eventos naturais. Para a Geografia o foco é a vulnerabilidade do lugar (CUTTER, 1996).

A utilização da categoria de espaço geográfico como unidade de análise da vulnerabilidade e do risco, pode parecer um desafio à primeira vista. A Geografia, porém, é uma ciência que toma como uma de suas bases justamente a ideia de síntese e a análise de distintos aspectos da realidade. Logo, nos parece natural que a ideia de vulnerabilidade perpassasse essa categoria geográfica.

Em relação ao diferencial de análise da chamada vulnerabilidade dos lugares, Cutter (1996) resume da seguinte forma:

[...] vulnerabilidade era tradicionalmente vista como uma condição preexistente ou potencial exposição a um risco (biofísico), ou ainda como uma condição social predisposta a alguma ameaça ambiental (vulnerabilidade social). Essa junção permite um exame tanto da biofísica quanto da vulnerabilidade que afetam os lugares (p. 537, nossa tradução).

A crítica contundente realizada por Ojima (2012, p. 117) em relação à ideia dicotômica entre sociedade e natureza nos diz que na maioria das vezes “a abordagem generalizante dos processos ambientais acaba tendo preponderância sobre as especificidades locais”. Entende-se assim, que o recorte geográfico e os processos sociais ali existentes ficam em segundo plano, como se o método científico ambiental genérico pudesse dar conta, sozinho, das características específicas locais.

A convergência da abordagem socioambiental pode ser muito útil do ponto de vista operacional, contribuindo como instrumento de organização para a sociedade civil e os governos se protegerem dos riscos. Isso seria realizado através do cruzamento de informações geográficas (espaciais) e sociais. Ojima (2012), tomando como base Marandola Jr. e Hogan (2009), pontua o seguinte: “uma vulnerabilidade do lugar que é mais do que a localização dos riscos e perigos, mas uma leitura que circunscreve sociedade e natureza a partir de um recorte socioespacial” (p.118).

No Brasil o avanço da abordagem de vulnerabilidades socioambientais se deu pela evolução de dois principais fatores: o aprimoramento dos sistemas de informação geográfica, que atualmente são capazes de cruzar e espacializar diversas variáveis e a divulgação das informações oficiais dos setores censitários mapeados e pesquisados pelo IBGE e a formação de um banco de dados de fácil acesso aos pesquisadores (OJIMA, 2012).

Essas afirmativas reiteram que a utilização da chamada vulnerabilidade dos lugares, utilizando como categoria-chave o espaço geográfico permite operacionalizar de modo efetivo a análise da vulnerabilidade socioambiental. O avanço metodológico nesse sentido é fundamental como instrumento de melhoria nas pesquisas científicas. E, além disso, para a obtenção de resultados mais lapidados e refinados, que possam auxiliar efetivamente na vida cotidiana e na organização político-social da população.

#### **4.2 O espaço urbano como cenário de riscos**

O espaço urbano é um mosaico constituído por diferentes intencionalidades que confluem em usos distintos do solo e, conseqüentemente, dão origem a um espaço simultaneamente descontínuo, fragmentado e articulado. Podem fazer parte do perímetro urbano áreas industriais, residenciais, de lazer e áreas momentaneamente desocupadas (CORRÊA, 1995).

O *locus* da reprodução das relações sociais de trabalho e de produção é o espaço urbano. Ele é permeado por relações de poder e de subordinação e por intencionalidades que ao se cruzarem dão origem a diferentes territorialidades e formas de desenvolvimento. O jogo de interesses dos agentes sociais constrói, desconstrói e utiliza o espaço urbano como reserva de valor, ora atribuindo funcionalidades, ora retirando-as. O espaço geográfico, principalmente o urbano, é palco das contradições, dos conflitos e das estratégias.

A urbanização acontece quando se concretiza o processo de reprodução social e passa a se concentrar progressivamente os recursos, serviços, população, atividades econômicas e sistema de valores culturais.

A concentração progressiva de pessoas, estruturas, atividades e serviços, porém acaba desembocando também na concentração de riscos. Nesse sentido, Castro et al. (2005) pontuam que as características conflitantes contidas no espaço urbano podem aparecer, por exemplo, nas relações com a ocupação do solo, os processos produtivos, os avanços tecnológicos, dentre outros. Através disso reitera-se o fato de que os riscos e o fator socioespacial estão diretamente ligados.

O processo de urbanização global pode ser dividido em três grandes fases: pré-industrial, industrial e das comunicações. Se num primeiro momento existiam espaços urbanos incipientes, manufaturas e corporações de ofício, a partir do século XVIII a Revolução Industrial adquire consistência e as cidades começam a crescer vertiginosamente num processo que não regrediu até os dias de hoje. A fase de urbanização industrial caracterizava-se principalmente pelas cidades fabris, compostas por vilas de operários e indústrias. Ao longo das décadas e com a instituição da nova divisão internacional do trabalho, as fábricas se dispersaram seja para a periferia local ou global e as cidades passaram a oferecer como principal atrativo o setor de serviços (TUCCI E BERTONI, 2003).

O crescimento urbano é uma importante dimensão da urbanização, que pode acontecer segundo dois fatores: aumento populacional ou expansão espacial urbana. É notório que o crescimento populacional leve a um quadro de expansão urbana. Importante, porém, ressaltar que isso não se dá de maneira homogênea no espaço urbano. De acordo com esse raciocínio, se, numa situação hipotética duas cidades obtivessem índices importantes de crescimento populacional elas poderiam ter características espaciais distintas entre si. Numa delas haveria verticalização do espaço e na outra o espraiamento da mancha urbana para novas áreas. Em ambas as situações existem diferentes impactos sociais, ambientais e urbanos. Esse aspecto da realidade não deve ser ignorado,



principalmente no que tange às análises espaciais ao planejamento urbano brasileiro (OJIMA, 2007).

De acordo com o relatório da ONU sobre Moradia e Desenvolvimento Urbano Sustentável de 2016, a população urbana global atingiu a marca de 1,6 bilhão de pessoas, o que corresponde a aproximadamente 55% da população mundial. A estimativa é que essa porcentagem aumente para 60% no ano de 2050. O contexto de áreas urbanizadas é ainda mais preocupante para os países da América Latina: de acordo com as Nações Unidas 77% da população é urbana nessa região. Como colocam com Hogan et al. (2001, p. 397), a respeito da característica das grandes cidades dos países subdesenvolvidos, *“é o local em que a interseção entre a iniquidade social e os custos ambientais e econômicos do crescimento industrial são mais claramente refletidos”*.

A estimativa para o estancamento do aumento populacional nos países em desenvolvimento mostra que essa diminuição ainda demorará muito, enquanto nos países em desenvolvimento aconteceu por volta dos anos de 1980. É possível observar essa distinção no gráfico a seguir:

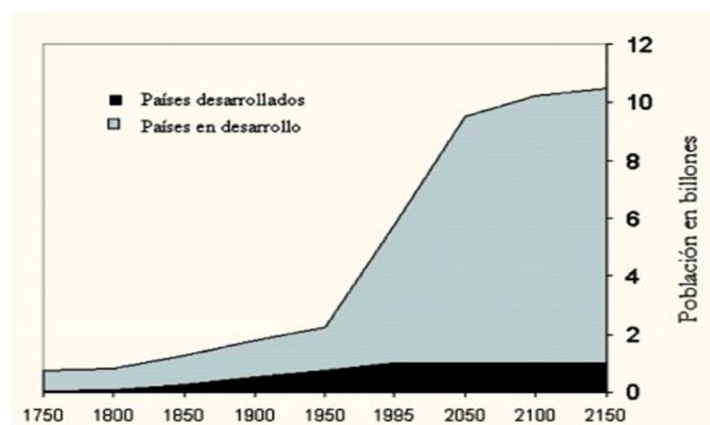


Figura 07: Comparativo de crescimento da população nos países desenvolvidos e em desenvolvimento

Fonte: ONU (apud TUCCI e BERTONI, 2003)

A dinâmica desse processo é distinta para os países desenvolvidos e os subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. A partir dos anos 1970 há uma reestruturação neoliberal mundial, que provoca impactos distintos aos países desenvolvidos e os chamados subdesenvolvidos. Como coloca Robaina (2008), houve um processo de abertura dos mercados para os países periféricos e uma reconversão tecnológica que induziu a compra de máquinas e tecnologias por parte dos países menos favorecidos.

Fatores como esses culminaram em crescimento demográfico acelerado, êxodo rural e consequente aumento da população urbana. A figura 08 a seguir

demonstra como o aumento das taxas de urbanização no Brasil nos últimos setenta anos:

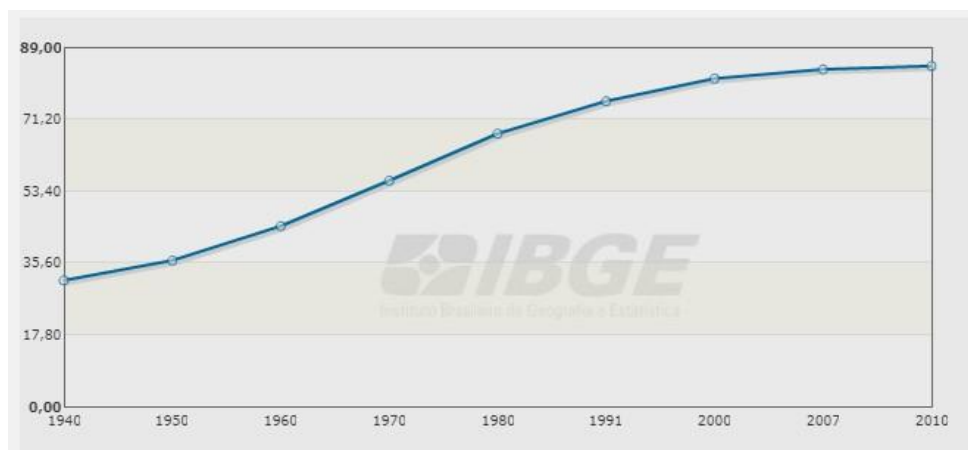


Figura 08: Gráfico de urbanização brasileira (1940 – 2010)  
Fonte: IBGE, 2010

Segundo o IBGE a taxa de urbanização refere-se à “*percentagem da população da área urbana em relação à população total*”. Se na década de 1940 a urbanização brasileira somava pouco mais de 30%, no último censo realizado em 2010, essa porcentagem subiu vertiginosamente para mais de 80%. A realidade brasileira atual é eminentemente urbana, e a quase totalidade da população vive em pequenas, médias ou grandes cidades.

O espaço urbano como o *locus* de reprodução do capital tem sua lógica ditada pelo sistema econômico vigente, que gera consequências na organização espacial. Ainda que, segundo o IBGE (2015), em média 95% dos municípios brasileiros possuam algum tipo de instrumento de planejamento, sabe-se que a sua implantação não acontece de forma efetiva em muitas cidades. O equilíbrio entre infraestrutura existente, meio ambiente e fatores sociais ainda não foi atingido em muitas localidades. Nesse sentido Robaina (2008) nos dá a seguinte contribuição:

Nesse processo de desenvolvimento das cidades o Estado, na formulação das políticas urbanas, tem se colocado aos ditames do setor imobiliário e, de modo mais amplo, aos interesses do setor privado, os efetivos agentes do processo de estruturação do espaço urbano (p.96).

Com base no conceito de risco, é importante salientar que a distribuição espacial dos riscos é maior no espaço urbano, não só pela grande densidade populacional e pela diversidade de setores sociais em espaços restritos, mas também pelo planejamento urbano que dificilmente contempla as múltiplas dimensões da cidade. Mendonça (2011) expõe a falha no planejamento que é realizado com base numa realidade imutável, ignorando a dinâmica não apenas

do meio físico e natural, como também das funcionalidades da cidade. Em outras palavras, o espaço urbano se transforma, mas o planejamento foi pensado para um determinado momento que fica estagnado no tempo e não avança em conjunto com a realidade.

Segundo Jacobi (2004), o modelo de apropriação do espaço brasileiro agrava os problemas ambientais urbanos, pois reflete e reproduz as desigualdades socioeconômicas vigentes e a ineficácia das políticas públicas. Atualmente ocorre uma espécie de modernização dos riscos, ou seja, nas cidades os riscos naturais são potencializados pelas ações antrópicas transformadoras que têm se diversificado cada vez mais.

Já as áreas periféricas, que costumam sofrer com a carência de infraestruturas mais básicas – como falta de saneamento básico, moradia em áreas de risco, falta de acesso à água tratada, dentre outros – estão dentro do contexto de desigualdade social que privilegia alguns espaços em detrimento de outros. A aparente falta de planejamento para uma determinada área também faz parte do planejamento urbano, ou como citado por Santos (1993) “a lógica da urbanização corporativa”, a qual apenas áreas selecionadas dispõem de acesso aos serviços e benefícios da cidade, enquanto as periferias continuarão a crescer de forma desordenada e sem estruturas básicas.

Logo, é possível infligir a existência de uma lógica dialética entre os processos de modernização e a expansão da pobreza, principalmente nos países em desenvolvimento que experimentaram a industrialização e urbanização tardias.

A esse respeito Hogan et al. (2001, p. 398) conduzem a discussão no âmbito das vulnerabilidades enfrentadas por setores sociais ao dizerem que “a *distribuição desigual dos serviços urbanos é um componente importante da vulnerabilidade socioambiental*”. Desse modo, entende-se que há uma relação direta entre o planejamento urbano desigual e a maior vulnerabilidade socioambiental de alguns setores da sociedade e regiões.

Deve-se salientar também que os riscos ambientais urbanos são de competência municipal. As suas consequências ocorrem no recorte espacial local, o que deveria facilitar a resolução do problema, visto que a escala espacial é maior, logo a ação governamental necessária é mais pontual. Na realidade urbana brasileira, porém, o que observamos majoritariamente é a ineficácia da administração pública, seja na administração prévia dos riscos, seja na resposta mais efetiva diante da situação consolidada (MENDONÇA e LEITÃO, 2008).

Com base nas considerações supracitadas acerca do espaço urbano, pode-se perceber que a dinâmica da organização socioespacial urbana é específica e

conta com inúmeros agentes que transformam o espaço. A distribuição espacial heterogênea conferirá diferentes tipos de riscos e vulnerabilidades socioambientais que variarão de acordo com a especificidade do espaço urbano.

#### **4.2.1 Inundações e movimentos de massa: suscetibilidades urbanas**

A dinâmica da Terra envolve eventos diversos que podem ter consequências mais brandas ou mais devastadoras. Nesse sentido, os movimentos de massa e as inundações são exemplos fenômenos naturais recorrentes na história terrestre.

De modo geral, o movimento de massa (ou também chamado de deslizamento, escorregamento, queda de barreira, dentre outros) ocorre por força da gravidade, podendo sofrer a ação potencial da água e/ou gelo em sua deflagração. O glossário geológico da CPRM define movimentação do solo como *“processo (...) relacionado à infiltração de água (...) continuada em encostas com declividade próxima do ângulo limite de estabilidade do solo”* (n.p.).

Já as inundações têm início quando o solo perde sua capacidade de absorver a água da chuva. Boa parte desse volume escoar pela rede de drenagem local, que também não é capaz de absorvê-lo, gerando a inundação das terras próximas ao leito dos rios (TUCCI, 2003).

A ocupação de encostas é uma atividade antiga e estima-se que ocorra no Brasil desde o início da colonização, visto que a disposição espacial seguia esse mesmo padrão na Europa (ROBAINA, 2008). Já as inundações urbanas, de acordo com Tucci (2003), remontam ao surgimento das primeiras cidades ou aglomerados urbanos.

Observar-se assim, que os fenômenos naturais como deslizamentos e inundações fazem parte da história humana. O que vem se intensificando nas últimas décadas são as modificações antrópicas na natureza e a relação desequilibrada entre o homem e o meio.

Essas transformações progressivas e intensas realizadas pelas sociedades humanas geram impactos indiscutíveis no espaço geográfico. Na organização do espaço urbano, Silva (1991) identifica duas práticas recorrentes no processo de expansão urbana: remoção total da vegetação de maior porte e a modificação no perfil topográfico original da região.

A alteração na cobertura original do solo e na morfologia dos terrenos normalmente se dá forma irregular, sem estudos prévios, nem pesquisas mais apuradas. Essas áreas, alteradas em sua natureza, posteriormente poderão as

estruturas urbanas mais diversas, como moradias, estradas, indústrias, dentre outros. Tudo isso gerará novamente mais alterações na natureza, de modo a reproduzir o espaço urbano.

Dentro do panorama apresentado de expansão urbana, um dos problemas mais recorrentes que se apresenta são as inundações urbanas. Um fenômeno antigo e que, dado o grau de desenvolvimento das cidades e de suas estruturas, pode se tornar mais ou menos danoso. De acordo com Tucci (2003), os problemas oriundos das inundações dependem principalmente de três fatores: o primeiro é o grau de impermeabilização do solo no qual a área se encontra e da canalização da rede de drenagem, o segundo é o grau de ocupação na qual as áreas de várzea se encontram e por fim, a frequência com a qual a inundação ocorre.

Por exemplo, áreas rurais possuem mais extensões de terra permeáveis, que permitem a infiltração da água no solo, bem como maior interceptação vegetal, fatores que diminuem o escoamento superficial, proporcionando uma drenagem mais lenta. Já em regiões urbanizadas, o ciclo hidrológico sofre diversas alterações. Fatores como o adensamento populacional em locais de várzea, a retificação dos rios, a canalização da rede de drenagem, a cobertura vegetal em sua maioria incipiente e a impermeabilização do solo resultam em grandes inundações e prejuízos à cidade e aos seus moradores. Leopold (1968, apud TUCCI, 2004) mostra que o aumento da vazão média das cheias em áreas urbanizadas chega a seis vezes o valor da vazão em condições naturais. É possível observar a diferença das vazões de acordo com o tipo de cobertura do solo no gráfico a seguir:



Figura 09: Vazões do rio ao longo do tempo para diferentes coberturas do solo  
Fonte: Filho et al., 2011

Com base no cartograma a seguir produzido pelo IBGE, é possível observar que boa parte dos municípios da região Sudeste brasileira tem sofrido com inundações bruscas ou graduais e bruscas, simultaneamente.

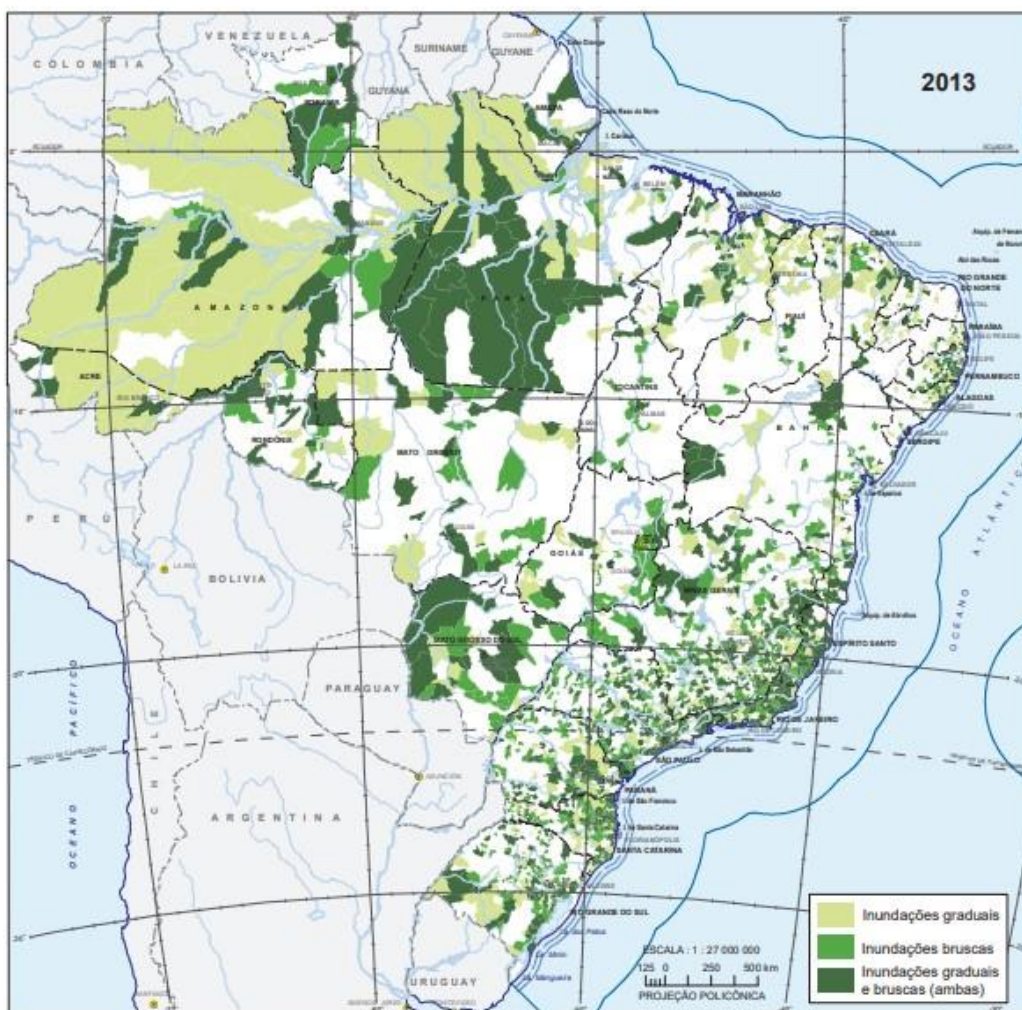


Figura 10: Cartograma dos municípios brasileiros em relação a inundações em áreas urbanas (2008 – 2013)

Fonte: IBGE, 2013

Mas não são somente as inundações o fenômeno natural que mais preocupa e gera perdas humanas, econômicas e ambientais. Os movimentos de massa também possuem alta recorrência no Brasil, por alguns motivos específicos. Segundo Fernandes e Amaral (1996), além das condições climáticas que apresentam índices de chuvas regulares em boa parte do território nacional, há ainda grande incidência de maciços montanhosos que aumentam a frequência dos deslizamentos. A ação antrópica, porém, desempenha um papel importante na indução dos movimentos de massa, realizando cortes nas encostas para construção de moradias, estradas, dentre outros.

Com base nos fatores supracitados pode-se compreender melhor porque a região Sudeste brasileira concentra tantos casos de deslizamentos, como é possível observar no gráfico a seguir:

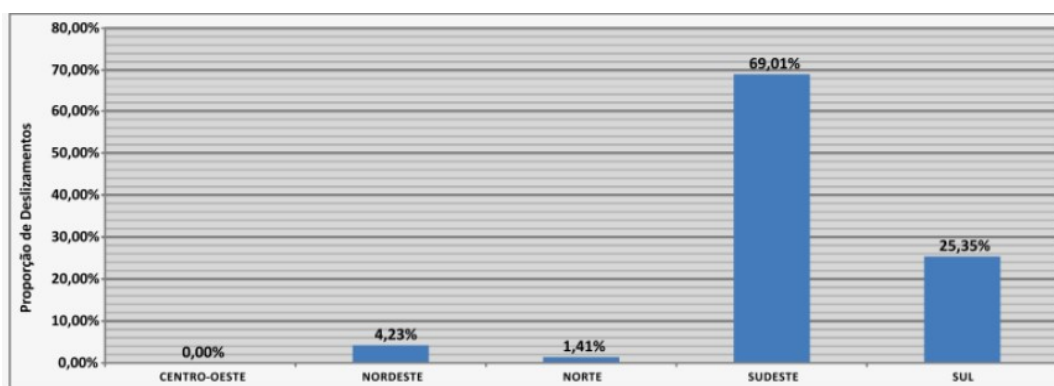


Figura 11: Gráfico de distribuição macrorregional dos movimentos de massa  
 Fonte: Anuário Brasileiro de Desastres Ambientais, 2012

As intervenções antrópicas cada vez mais rápidas e potentes acabam se configurando como um fator importantíssimo para a deflagração dos movimentos de massa. Seja pelas mudanças climáticas provenientes das atividades humanas, que acabam por alterar os padrões pluviométricos, seja pelo recorte nas vertentes para construção de moradias, tudo isso gera impactos ambientais que posteriormente poderão se configurar em riscos para a vida humana.

Como pontuam Highland e Bobrowsky (2008), os danos em termos de arcabouço físico que são causados por deslizamentos podem envolver desde uma estrutura individual até a de uma comunidade, perpassando pelas perdas em infraestruturas urbanas, como redes de abastecimento de água e de luz ou redes de saneamento. Mas o problema vai muito além quando se trata dos riscos iminentes à vida humana. Pode-se adquirir uma noção da gravidade do problema ao observarmos os registros a seguir:

Tabela 1: Distribuição espacial dos danos humanos relacionados aos movimentos de massa

Região	Óbitos	Desabrigados	Desalojados	Afetados
<b>Centro-Oeste</b>	0	0	0	0
<b>Nordeste</b>	10	358	656	1.024
<b>Norte</b>	4	150	523	677
<b>Sudeste</b>	454	5.982	35.177	41.613
<b>Sul</b>	4	738	8.163	8.905
<b>Total</b>	472	7.228	44.519	52.219

Fonte: Adaptado de Anuário Brasileiro de Desastres Ambientais, 2012

A região Sudeste aparece como segundo lugar em registros de pessoas afetadas de algum modo pelos movimentos de massa, somando 87,93% óbitos em relação à essa mesma população afetada. São números exponencialmente elevados que demonstram o grau de risco ao qual a população está exposta. O



Rio de Janeiro é o estado com maior número de municípios afetados em suas áreas urbanas pelos deslizamentos, como explicita a imagem a seguir:

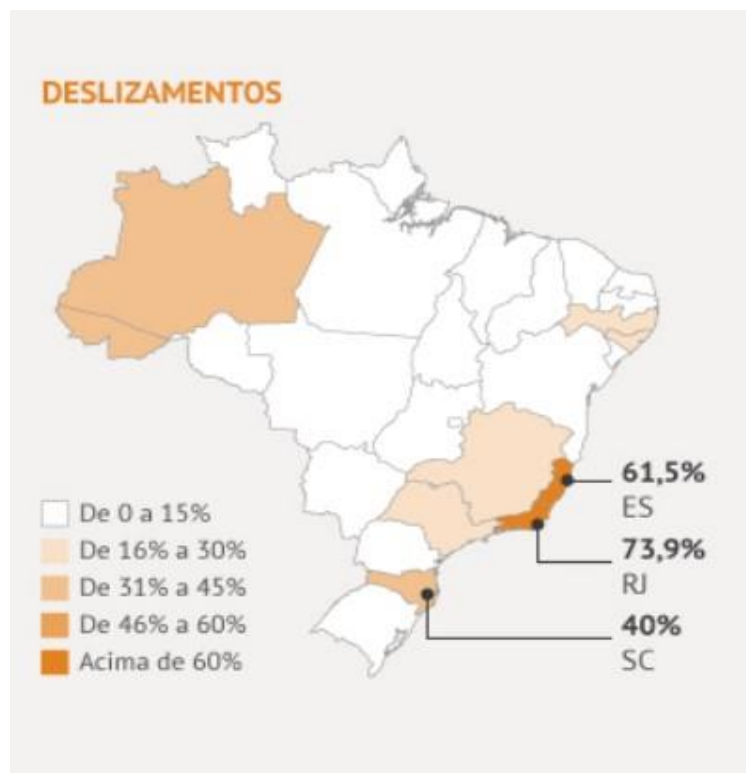


Figura 12: Estados com mais municípios atingidos por deslizamentos em sua área urbana (2008 - 2012)

Fonte: IBGE, 2013

A urbanização acontece de forma espontânea, podendo ser derivada de fatores sociais, econômicos, políticos e ambientais. O planejamento, porém, não ocorre de forma homogênea no espaço. Normalmente ele é feito para áreas com populações de renda média e alta, e onde está a chamada “cidade formal”. Para as áreas de periferia a ocupação se dá de forma irregular e clandestina e o planejamento é incipiente. Como apresentam Silva e Travassos (2008):

(...) a falta de alternativas de moradia popular e de lotes urbanos a preços acessíveis, particularmente nas grandes cidades, forçou a população mais pobre a ocupar ilegalmente espaços impróprios para o assentamento, o que, ao lado da ausência de infraestrutura, contribui de maneira significativa para o agravamento das condições ambientais da cidade e da qualidade de vida da população urbana (...) (p. 36).

O que observamos, recorrentemente, são ações reparadoras e/ou de contenção, que não têm intensidade efetiva nem na melhoria de vida da população, nem no cuidado com o meio ambiente e em pouco tempo acabam perdendo força.

Existem inúmeras áreas no território nacional que convergem fatores de propensão ao risco. Ainda que se tenha produzido cada vez mais dados a respeito de áreas potenciais de risco e vulnerabilidades, o Brasil ainda apresenta grande



carência no incentivo aos mais diversos tipos de estudos e pesquisas que possam auxiliar na instrumentalização da gestão urbana nacional. Além disso, muitas vezes são produzidos documentos oficiais e dados de grande relevância, mas que nunca chegam à atuação efetiva nos municípios. Silva e Travassos (2008, p. 28) elucidam muito bem essa questão ao colocarem que *“há uma distância considerável entre o discurso contido nas agendas e documentos e a realidade socioambiental dessas cidades”*.

#### **4.3 Carta de suscetibilidade, um instrumento de planejamento**

A maior parte das ameaças naturais que possuem risco de desastre, no Brasil, são derivadas de fatores climáticos. O excesso ou a escassez de chuva promovem diversas ameaças naturais, como as enxurradas, os movimentos gravitacionais de massa, as inundações, as secas e estiagens, dentre outras. Todos esses fenômenos fazem parte da dinâmica natural do país. A transformação de ameaça natural para desastre é que configura o verdadeiro problema que deve ser preocupação fundamental dos órgãos de monitoramento (CEMADEN, 2014). Fundamenta-se essa afirmativa da seguinte maneira: o homem não é capaz de evitar o acontecimento de determinados fenômenos naturais, seja como indivíduo ou como sociedade; mas através do desenvolvimento de tecnologias e do conhecimento, é capaz de minimizar os impactos, diminuindo assim a magnitude dos desastres naturais.

Segundo o CEMADEN (2014), nos últimos anos, foi dada maior importância aos riscos derivados dos processos geo-hidrológicos, como é mostrado nos exemplos a seguir:

i. 1994 - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC): foi responsável pelo projeto de pesquisa multidisciplinar focado em desastres naturais que, dentre outras ações, buscou prever riscos de deslizamentos de terra em encostas para as regiões metropolitanas do Rio de Janeiro, Salvador, Belo Horizonte e na Serra do Mar;

ii. 2007 – Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede Clima): um de seus principais objetivos foi gerar e disseminar conhecimentos acerca dos desafios decorrentes das mudanças climáticas globais.

O mapeamento e o monitoramento de ocorrências de eventos como movimentos de massa e inundações são imprescindíveis para minimizar os impactos das ameaças naturais, além de serem elementos fundamentais para a gestão efetiva do território nacional.

Após o desastre da Região Serrana ficou ainda mais clara a necessidade de concentrar esforços no âmbito dos desastres naturais, priorizando sistemas de alerta, previsões hidrometeorológicas e geodinâmicas. Nesse sentido, no ano de 2011, houve a criação do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais). Porém, de acordo com o próprio órgão, até o ano de 2018 apenas 958 municípios brasileiros estão sendo monitorados. Considerando que, de acordo com os números mais recentes do Governo Federal (2013), o Brasil possui o total de 5.570 municípios, apenas 17% destes seriam contemplados pelo gerenciamento do CEMADEN.

Outro esforço nesse sentido se deu através do estabelecimento da Lei Federal nº 12.608/2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). As ações dessa política visam mapear e prevenir as áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações. Essa lei torna obrigatório aos municípios – principalmente aqueles com alto risco de processos geológicos/hidrológicos de grande magnitude – que possuam uma carta geotécnica de suscetibilidade.

De modo mais abrangente, Sobreira e Souza (2012) descrevem as cartas geotécnicas como produtos cartográficos que podem apresentar como base a representação dos diferentes tipos de rochas, solos, formas do relevo, geodinâmica, uso e ocupação do solo de uma determinada área. Para os autores, o intuito do uso desse instrumento é *“definir as limitações, potencialidades e necessidades de intervenções para a consolidação do uso urbano e rural”* (p. 82).

Assim, a carta geotécnica é uma importante ferramenta de planejamento. No caso exclusivo da carta geotécnica de suscetibilidade, o objetivo primário do mapeamento é apenas analisar as transformações no meio físico do local em questão. Ou seja, em se tratando de suscetibilidade os aspectos analisados serão os processos geológicos e as geodinâmicas locais (SOBREIRA e SOUZA, 2012).

Compreende-se então durante o processo de produção da carta geotécnica de suscetibilidade, ela contará apenas com os elementos geológicos e os processos geodinâmicos. A instrumentalização desse produto, porém, pode e deve ser feito de modo a contribuir com as esferas do planejamento e das políticas públicas. Logo, a caracterização do grau de suscetibilidade visa não só impor restrições de ocupação, mas também reduzir os riscos em áreas já ocupadas, especialmente as urbanas consolidadas.

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) foi a instituição responsável pelo processo de mapeamento das áreas de suscetibilidade no território nacional. Para tanto utilizaram-se alguns conceitos e metodologias específicas para a obtenção dessas informações, como será explicitado a seguir.

A definição de suscetibilidade utilizada no estudo refere-se à “*ideia de propensão [...] ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico*”. O documento aborda também outros conceitos-chave no âmbito do risco e vulnerabilidade, como por exemplo: ameaça, que diz respeito ao fenômeno do meio físico que pode gerar consequências negativas; perigo ou *hazard* está associado à ameaça e é definido como condição potencial de causar consequências negativas; já a vulnerabilidade está associada ao grau de perdas e danos dos elementos expostos; e o risco é “*uma medida da ameaça e de suas consequências*” (CPRM, p. 3, 2014).


Para realizar a caracterização das suscetibilidades, o Serviço Geológico do Brasil estabeleceu alguns passos:

- i. definir fatores predisponentes (geológicos, hidrológicos, dentre outros);
- ii. definir os métodos específicos a serem utilizados na análise;
- iii. Estabelecer critérios para a classificação dos diferentes graus e formas ocorrentes dos fenômenos;
- iv. definir a apresentação;
- v. desenvolver métodos para a validação dos resultados.

Além disso, a unidade básica considerada na análise de suscetibilidades foi a bacia hidrográfica, tanto para os processos hidrológicos quanto para os movimentos gravitacionais.

Importante explicitar e também ilustrar as definições e parâmetros utilizados pela instituição para caracterizar os movimentos gravitacionais de massa e os processos hidrológicos postos sob análise no mapeamento de suscetibilidade. Listamos a seguir os processos mencionados:

QUADRO 5: Caracterização dos processos geo-hidrológicos analisados no mapeamento de suscetibilidade

Processo geo-hidrológico	Caracterização	Ilustração
Deslizamento	Normalmente com altas velocidades, em encostas com declividade de média a alta e é deflagrado por chuvas de alta intensidade ou elevados índices pluviométricos acumulados.	

Rastejo	Processo lento de deslocamento de massa, que por esse motivo permite maior detecção prévia do fenômeno. Sua incidência se dá não só em áreas com amplitude maior, mas também em terrenos com baixas declividades. Se dá também por chuvas de alta intensidade ou de longa duração.	
Queda de rochas	Movimentos normalmente bruscos e repentinos de blocos de rocha e matacões que se desprendem das encostas ou de outros tipos de morfologias. Esse processo normalmente é deflagrado por descontinuidades litológicas-estruturais e intemperismo físico-químico.	
Corrida de massa	Espécie de movimento de massa caracterizada por alta carga energética e rápido transporte. Também é deflagrada por chuvas de alta intensidade, principalmente em bacias de drenagem restritas, como é o caso da região Serrana, por exemplo.	
Inundação	Transbordamento de águas do canal principal do rio, atingindo a planície aluvial. Se dá por eventos chuvosos de longa duração e elevados índices pluviométricos.	
Enxurrada	Enchente ou inundação brusca e de rápida duração. Desenvolve-se principalmente em bacias de drenagem com área restrita, como no caso de relevos serranos. Deflagra-se no contexto de chuvas intensas e possui alto impacto destrutivo.	

Fonte: Adaptado de CPRM, 2014

Com base nisso, percebe-se que o fator pluviométrico tem protagonismo na deflagração de praticamente todos os processos citados. A tendência é que cada vez mais o fator natural choque-se com os processos antrópicos, como

intervenções nas encostas, retificação dos canais fluviais e impermeabilização do solo, gerando perdas e danos de maior impacto.

O desafio do mapeamento da CPRM foi desenvolver um modelo com aplicabilidade nos municípios brasileiros e que fosse capaz de dar conta da diversidade existente no território nacional. Segundo a instituição, o objetivo específico do mapeamento é *“gerar indicadores que possibilitem estimar a magnitude da incidência das suscetibilidades em relação às áreas urbanizadas, também contribui para a busca desse modelo”* (CPRM, p. 8, 2014).

A base de guias utilizada para o zoneamento de suscetibilidade foi elaborado pelo Comitê Técnico de Deslizamento e Taludes Construídos, constituídos pela *International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE)*; *International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG)*; e *International Society for Rock Mechanics (ISRM)*. O referido documento foi traduzido pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) e pela Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (ABMS) e organizado por Macedo e Bressani (2013).

A análise de suscetibilidade realizada pelo Serviço Geológico do Brasil produziu cartas geotécnicas com zoneamentos específicos para cada processo geo-hidrológico. Assim, o produto de suscetibilidade apresentado possui graus de propensão a determinado fenômeno, classificados em alto, médio e baixo. O próprio CPRM (2014) ressalta que essa espécie de zoneamento pode ser classificada como um modelo básico, pois espera-se que haja o aprimoramento contínuo do mapeamento de áreas suscetíveis.

#### **4.3.1 Carta de suscetibilidade: metodologia para os movimentos de massa**

Para a elaboração da carta de suscetibilidade, o Serviço Geológico do Brasil utilizou alguns conceitos e metodologias como base. Inicialmente, Fell et al. (2008), agrupam cinco classes de situações que favorecem os deslizamentos: o histórico desses fenômenos em determinada área; a topografia; as condições geológicas e geomorfológicas; as construções realizadas pelo homem; e as áreas de clareira ou reflorestamento. Assim, a CPRM (2014), se apropriou de três desses fatores para a produção do documento de suscetibilidade: o histórico, a topografia e as condições geológicas e geomorfológicas.

A escala do mapeamento da carta de suscetibilidade se deu em 1:25.000. Como colocam Fell et al. (2008), a utilização de escalas maiores deve estar

associada ao maior nível de detalhamento não só dos dados, mas também dos processos envolvidos.

Dentre as múltiplas variáveis condicionantes, a CPRM (2014), distinguiu três predisponentes aos deslizamentos (que foram categorizados no maior número de classes possível): a declividade, a curvatura da encosta e a densidade de lineamentos estruturais. Os dois primeiros fatores foram mapeados através de um *software* de geoprocessamento, a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE). Já os lineamentos estruturais foram mapeados em ortofotos e, posteriormente, também tratados em *software* de geoprocessamento, através do cálculo de densidade Kernel. De acordo com Gaze (2009), resumidamente, o modelo Kernel trabalhará com o comprimento de banda associado a cada partícula do domínio físico estudado. Assim, um ponto qualquer do domínio físico em questão será composto por todas as partículas encontradas nessa região. Uma das vantagens da utilização desse modelo é a eficácia e a rapidez dos cálculos, que podem ser realizados em computadores comuns.

Em seguida, foi selecionada uma área piloto em cada município, onde foram aplicados os processos supracitados. A seleção foi realizada através da quantidade de cicatrizes mapeáveis numa determinada área. Nesse momento soma-se o fator histórico da região e as cicatrizes de deslizamentos passados foram mapeadas. O processo se deu através da interpretação em ortofotos e da demarcação de polígonos referentes à localização das cicatrizes. Apresenta-se na figura 13 um exemplo ilustrativo desses polígonos:

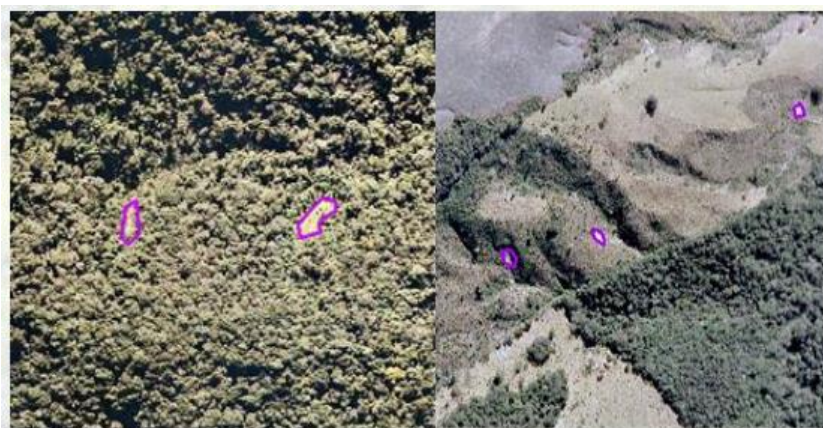


Figura 13: Polígonos demarcados em locais de cicatrizes  
Fonte: CPRM, 2014

Para o cálculo do Índice de Suscetibilidade a Deslizamentos, foram realizadas algumas etapas anteriores, com foco na densidade de cicatrizes. Em primeiro lugar, calculou-se a densidade das cicatrizes em cada classe dos fatores

predisponentes (declividade, curvatura da encosta e densidade de lineamentos estruturais) de acordo com a seguinte equação:

$$D = Ad / At$$

A variável D equivale à densidade de cicatrizes em cada um dos três fatores citados, enquanto Ad é a área afetada por deslizamentos na classe e At corresponde à área total da classe.

A segunda equação objetiva normalizar o valor da densidade, evitando assim que a intensidade do evento que produziu a cicatriz se sobreponha aos resultados de suscetibilidade. Desse modo, apresenta-se:

$$Dn = D / Dt$$

Assim, a sigla Dn significa Densidade Normalizada, que é o produto da divisão entre a densidade de cicatrizes (apresentada na Equação 01) e a densidade média de deslizamentos na área de estudo.

Após a aplicação dessas equações, calculou-se o Índice de Suscetibilidade a Deslizamentos (ISD), através da fórmula  $ISD = \log(Dn)$ . Por fim, os mapas de declividade, curvatura da encosta e densidade dos lineamentos estruturais foram reclassificados de acordo com seus respectivos valores ISD.

As classes de suscetibilidade foram definidas através da elaboração de curvas que relacionassem a área de ocorrência de deslizamentos com cada área piloto. Na figura 14 a seguir é possível observar a relação entre as áreas de cicatrizes e a área total:

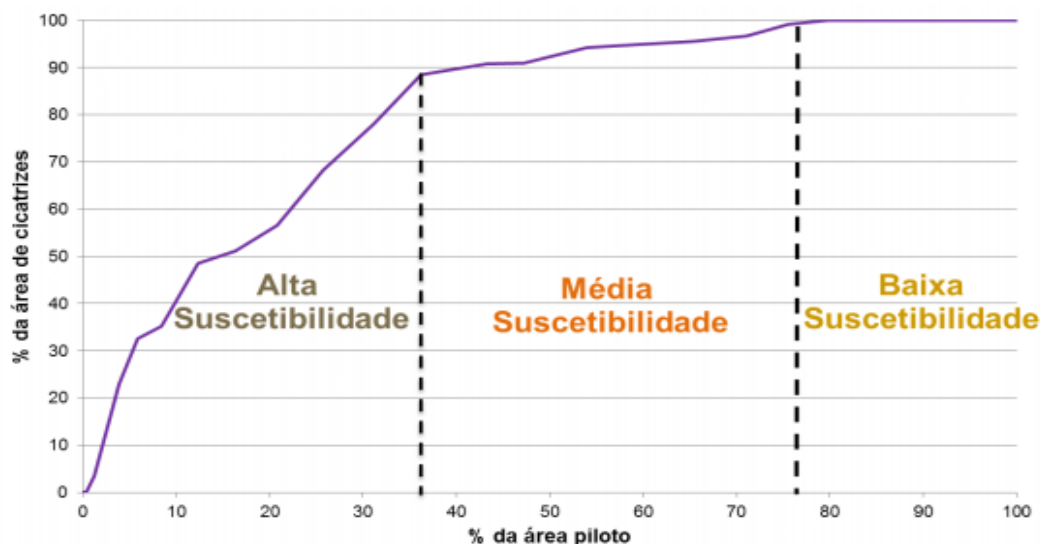


Figura 14: Gráfico da relação entre as áreas de cicatrizes e a área total  
Fonte: CPRM, 2014

No limite superior da curva de alta suscetibilidade encontram-se aproximadamente 90% dos deslizamentos. Já as áreas de média suscetibilidade,

correspondem a cerca de 100% da área de cicatrizes mapeadas. E a baixa suscetibilidade concentra as demais áreas com ocorrência de deslizamentos desprezíveis.

Sobre a aplicação do modelo explicitado, a CPRM (2014) ressalta dois pontos: primeiramente, os processos de rastejo e queda de rochas não foram objetos de avaliação específica. Em segundo lugar, nas áreas onde não havia o registro histórico de cicatrizes, foi necessário a extrapolação dos resultados encontrados em áreas piloto. Assim, o modelo é passível de alguns aspectos de variação em seus resultados de suscetibilidade.

#### **4.3.2 Carta de suscetibilidade: metodologia para as inundações**

Na tentativa de elucidar os componentes inexoráveis dos processos de inundação, é preciso separá-los de acordo com a sua natureza. Com base em Cooke e Doornkamp (1990), pode-se agrupar os fatores responsáveis pelas inundações em três tipos: os transitórios, ou seja, aqueles que possuem duração e recorrência irregulares, como por exemplo a ocorrência de chuvas, o grau de saturação do solo e as taxas de evapotranspiração; os fatores permanentes, como a morfometria e a geologia das bacias; e os mistos, referentes aos tipos de uso e ocupação do solo.

Nesse sentido, pode-se realizar uma associação entre o tipo de mapeamento e os tipos de fatores a serem estudados. Segundo a CPRM (2014), um produto cartográfico de perigo trataria dos fatores transitórios, ou seja, da quantidade de chuvas e de sua frequência temporal. Um mapa de risco seria aquele voltado para os fatores mistos, cujo foco é o uso e a ocupação do solo nas áreas atingíveis. Por fim, o mapa de suscetibilidade é aquele que trata dos fatores permanentes, ou seja, das características geológicas, topográficas e morfológicas da bacia de drenagem.

O mapeamento da suscetibilidade de bacias foi realizado através de três etapas destacadas a seguir, e explicadas posteriormente em detalhes:

- i.* análise da morfometria das bacias;
- ii.* aplicação do modelo HAND;
- iii.* integração das suscetibilidades obtidas nas etapas i e ii.

A primeira etapa consiste numa espécie de reconhecimento do terreno, a fim de que seja possível analisar seus fatores geológicos, topográficos e morfológicos. De acordo com a CPRM (2014), compreender a morfometria das



bacias é primordial para traçar relações entre a forma do relevo e o padrão de drenagem. De acordo com Pissarra et al. (2004), as características morfométricas:

[...] refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre (p. 298).

Assim, compreender o comportamento hidrológico e litológico da região a ser estudada é primordial para o entendimento do padrão de drenagem da bacia e, conseqüentemente, de sua morfometria (PISSARRA et al., 2004).

Foram selecionados alguns índices e parâmetros para a composição da morfometria de bacias, utilizados para cada uma das sub-bacias que compõem a bacia inserida no município em questão. No quadro a seguir estão especificados os índices, que tiveram como base Oliveira, Guasselli e Saldanha (2010):

QUADRO 6: Parâmetros utilizados pela CPRM para compor a morfometria de bacias

Parâmetro/Índice	Cálculo	Influência
Área de contribuição (Ac)	Extração automática em SIG	Volume de água que atinge o rio: quanto maior a área de contribuição, maior tendência à suscetibilidade
Relação de relevo (Rr) (SCHUMM, 1956)	Relação entre a amplitude e o comprimento do rio principal da sub-bacia	Velocidade de escoamento: quanto maior a Rr, mais rápido tende a ser o fluxo; reduzindo o acúmulo de água na sub-bacia
Densidade de drenagem (Dd) (HORTON, 1945)	Relação entre o comprimento da drenagem e a área da sub-bacia	Quanto maior a Dd, menor é a infiltração de água e, conseqüentemente, maior é a velocidade com que a água atinge o rio
Índice de circularidade (Ic) (MÜLLER, 1953)	Relação entre a área da sub-bacia e a de um círculo de mesmo perímetro	Quanto maior é o Ic, maior a retenção de água na sub-bacia e menor a velocidade de chegada da água no rio
Índice de sinuosidade (Is) (SCHUMM, 1963)	Relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal	Quanto maior é o Is, menor é a velocidade do escoamento e menor a chegada de água no rio

Fonte: Adaptado de CPRM, 2014

Definidas as variáveis que serão utilizadas na análise da morfometria, estabelecem-se algumas equações que visam chegar ao Grau de Suscetibilidade Final. Para os parâmetros que dizem respeito à relação direta de inundação (Área

de Contribuição, Densidade de Drenagem, Índice de Circularidade e Índice de Sinuosidade), é aplicada a seguinte equação:

$$GS = \frac{4(X - X_{min})}{X_{max} - X_{min}} + 1$$

Aqui, X é o valor de cada parâmetro supracitado relativo diretamente à inundação. O  $X_{max}$  e  $X_{min}$  são, respectivamente, os valores máximo e mínimo dos índices morfométricos avaliados.

Posteriormente repete-se a mesma equação, agora para a relação inversa à inundação, ou seja, para o parâmetro de Relação de Relevo. Utiliza-se aqui também os valores máximo e mínimo de cada sub-bacia.

Para se chegar ao Grau de Suscetibilidade Final (Gsf), é necessário padronizar os índices selecionados somando-os ( $Ac + Rr + Dd + Ic + Is$ ) e agrupá-los numa escala de 1 a 3, onde 1 corresponde à baixa suscetibilidade; 2, corresponde à média suscetibilidade; e 3 corresponde à alta suscetibilidade. Aplica-se então a seguinte equação:

$$GSf = 2(Y - Y_{min}) + \frac{1}{Y_{max} - Y_{min}}$$

Nesse sentido, Y é o valor do parâmetro em cada sub-bacia e  $Y_{max}$  e  $Y_{min}$  são, respectivamente, os valores mínimos e máximo dos parâmetros de todas as sub-bacia. Através dos cálculos apresentados é possível chegar ao Grau de Suscetibilidade Final (Gsf).

Esses dados foram obtidos através do Modelo Digital de Elevação (MDE) e trabalhados com a extensão de plugin TerraHidro, com o objetivo de gerar a direção e os locais de acúmulo dos fluxos hidrológicos. Desse modo é possível extrair os canais de drenagem. Por fim, as sub-bacias foram manualmente definidas e delimitadas.

A segunda etapa é a utilização do modelo HAND para classificação e zoneamento das suscetibilidades a inundação nas classes alta, média e baixa. Através dele é possível extrair dados quantitativos que auxiliem na caracterização do relevo. De modo breve, Pires e Borma (2013) resumem a aplicação do modelo da seguinte forma:

O HAND mede a diferença altimétrica entre qualquer ponto da grade do MDT e o respectivo ponto de escoamento na drenagem mais próxima, considerando a trajetória superficial do fluxo (flowpath) que liga topologicamente os pontos da superfície com a rede de drenagem. O resultado é uma grade que representa a normalização do MDT com relação à drenagem (p. 5568-5569)

O SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) tem sido a forma mais comum para representar o relevo de um determinado ambiente, a partir da obtenção do

Modelo Digital de Terreno (MDT) (PIRES e BORMA, 2013). O algoritmo HAND, porém, tem se apresentado como uma ferramenta muito útil para a indicação de áreas suscetíveis às inundações.

Para fins de classificação, após a aplicação do modelo HAND, e com base nas características geomorfológicas e pedológicas dos terrenos, a CPRM (2014) aplicou a seguinte classificação de suscetibilidade:

i. alta suscetibilidade: do nível normal da drenagem até o início da baixa drenagem;

ii. média suscetibilidade: do início do baixo terraço até o início do alto terraço;

iii. baixa suscetibilidade: a partir do início do alto terraço

A ilustração da classificação supracitada pode ser observada na figura a seguir:



Figura 15: Classificação de suscetibilidade a partir da aplicação do modelo HAND em planícies e terraços  
Fonte: CPRM, 2014

Na última etapa da classificação das áreas suscetíveis às inundações é realizado o cruzamento do Grau de Suscetibilidade Final (GSf) e os resultados do algoritmo HAND, através da lógica booleana. Essa relação gera a seguinte matriz:

Índices Morfométricos \ Modelo HAND	Alta	Média	Baixa
Alta	Alta	Alta	Média
Média	Alta	Média	Baixa
Baixa	Média	Baixa	Baixa

Figura 16: Matriz de correlação entre os índices morfométricos e o modelo HAND  
Fonte: CPRM, 2014

Importante destacar que o tamanho da bacia hidrográfica e a qualidade do Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado podem interferir diretamente tanto na análise morfométrica quanto na aplicação do modelo HAND.

#### 4.4 As geotecnologias e os riscos socioambientais

As representações cartográficas acompanham a história da humanidade desde o homem primitivo. O mapa mais antigo de que se tem notícia é da região da Babilônia, esculpido em argila e data entre 2.400 a.C. e 2.200 a.C. Ao longo dos séculos as formas de representar a realidade espacial foram se aperfeiçoando e acompanhando as dinâmicas das sociedades. De acordo com Rosenfeldt e Loch (2013), *“a cartografia representa geometricamente o território e sua ocupação”*.

A ciência geográfica, que possui caráter eminentemente espacial, não deve excluir de suas análises a localização e a extensão dos fenômenos. Atualmente, porém, outros referenciais também se fazem necessários: a evolução e a correlação com outros fenômenos. Desse modo, é preciso levar em conta que os fenômenos não são estáticos, estão em constante evolução; e também não ocorrem isolados na realidade, mas sempre em contato com outros acontecimentos (XAVIER DA SILVA, 2001). A respeito das dificuldades que possam se apresentar para a Geografia, destacamos a seguinte proposição de Moura (2003, p. 35):

O desafio, nos estudos geográficos, está em realizar um corte espaço-temporal para as análises, mas, ao mesmo tempo, não perder a noção de que a realidade é sistêmica e que está em constante mudança. [...]. Além disso, a distribuição das ocorrências não é homogênea, mas condicionada por rugosidades da composição social e territorial.

Essa percepção dá base à visão sistêmica, que entende o sistema não só como um conjunto, mas sim como os elementos do conjunto em si, os respectivos estados de cada elemento e a correlação entre eles (MOURA, 2003). O geoprocessamento se alicerça justamente na ideia evolutiva e correlacional dos fenômenos espaciais, auxiliando não só na produção do conhecimento presente, mas também no delineamento de cenários futuros.

O surgimento do geoprocessamento traz não só a representação dos locais planetários, mas também a associa à informação, proporcionando novas formas de conhecimento. Alguns elementos fazem parte do geoprocessamento, como por exemplo a cartografia digital e os sistemas de informação geográfica (MOURA, 2003).

O geoprocessamento utiliza a modelagem de dados de forma mais simples e eficaz, resultando em ganho de conhecimento. Como coloca Moura (2003, p. 51), *“trata-se do estudo de cenários, que geram subsídios para intervenções mais seguras em uma realidade socioespacial”*.

A rápida evolução das geotecnologias nas últimas décadas aumentou significativamente a quantidade e qualidade dos dados produzidos e modelados. Com o desenvolvimento das técnicas e instrumentos que compõem os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tornou-se possível chegar a resultados mais acurados, proporcionando um mergulho mais profundo na realidade a ser estudada. De acordo com Moura (2003), os SIGs tendem a evoluir do modelo descritivo para o prognóstico, auxiliando na simulação de cenários e fenômenos.

Conhecer e localizar as potenciais ameaças são dois processos importantíssimos no combate aos desastres naturais. A partir disso é possível planejar ações e gerir de modo mais efetivo o território. A utilização dos SIGs para esse fim é expressamente colocada por Julião et al. (2009):

Um dos aspectos mais relevantes no processo de planejamento de emergência e na revisão dos respectivos planos está relacionado com a validação de dados provenientes da investigação e das ocorrências, os quais são integrados em simuladores de impactos e de resposta operacional em tempo real, montados em plataforma SIG que, entre outras, contém características das populações nomeadamente dos povoamentos mais vulneráveis e das áreas de maior suscetibilidade (p. 16-17).

A difusão das geotecnologias nos últimos anos se deu principalmente pela disponibilidade de *softwares* mais baratos e com interface mais simples de utilização pelo usuário (FAVRIN, 2009). Além disso, os pesquisadores das mais diversas áreas estão cada vez mais capacitados no que tange o manuseio dos *softwares* e no processamento dos dados espaciais.

Como colocam Costa e Silva (2006), as geotecnologias são um ramo do conhecimento científico que permite investigar e representar a realidade espacial. Dentro do seu quadro de funcionabilidade, as geotecnologias contam com diversas ferramentas de suporte como por exemplo a geoestatística, o sensoriamento remoto, o processamento digital de imagens, dentre outros.

Segundo Cordovez (2002), o desenvolvimento atual das geotecnologias permite realizar mapeamentos a partir de informações demográficas, físicas, geográficas, topográficas, dentre outras, que quando reunidas apresentam uma representação mais completa do espaço geográfico. Desse modo, as geotecnologias permitem a utilização mais rápida, racional e objetiva dos dados, sem deixar de lado a análise crítica por parte do pesquisador.

#### 4.4.1 O auxílio da análise multicritério nas tomadas de decisões

A realidade geográfica vem se tornando cada vez mais complexa, e combinar as suas múltiplas dimensões é um desafio extra. Surgem então, no geoprocessamento, técnicas que permitem combinar variáveis, auxiliando no processo de tomada de decisões.

O desenvolvimento exponencial dos métodos de análise multicritério deram-se principalmente a partir da década de 1960. Nesse momento o objetivo principal era analisar os aspectos produtivos e econômicos das empresas. Posteriormente houve a ampliação do uso multicriterial também para análises urbanas, ambientais, sociais, dentre outros (GONÇALVES, et al. 2003).

Dois processos distintos e que podem ser auxiliares para a realização de sínteses geográficas são: o método booleano e o método *fuzzy*. O primeiro funciona somente através de dois valores numéricos: um para premissas verdadeiras e zero para as falsas. De acordo com essa lógica os intervalos utilizados são rígidos e os resultados obtidos seguem o padrão de verdadeiro ou falso, podendo rejeitar algumas áreas ou produtos. Como enuncia Xavier da Silva (2001), a lógica booleana segue a apresentação através de árvores binárias, ou seja, trajetórias que tomam por base “sim” e “não”. Assim, as sucessivas inclusões ou exclusões são realizadas a partir do raciocínio do pesquisador.

Câmara et al. (2001) colocam que o método booleano de síntese geográfica entende cada mapa como um plano de informação binário. Quando colocados sobrepostos, darão suporte à hipótese colocada pelo pesquisador. O resultado é sempre sim ou não, ou seja, hipótese satisfeita ou não satisfeita.

O resultado das operações booleanas são *“campos obtidos a partir da comparação entre valores locais de outros campos quantitativos ou qualitativos, baseada em relações de ordem ou igualdade”* (CORDEIRO et al., 2003, p. 8-11).

No caso do método *fuzzy*, são utilizados moldes bem diferentes do booleano, funcionando através da combinação ponderada e intervalos por aproximação, permitindo assim maior flexibilidade na análise da realidade através de uma faixa de valores. Como escreve Moura (2003, p. 31), *“É, como, se entre o ‘sim’ e o ‘não’ fosse inserido um ‘pode ser’ que depende de uma série de outras condições e que, por sua vez, levaria a outras conclusões”*. O diagrama a seguir ilustra a diferença entre os dois métodos:

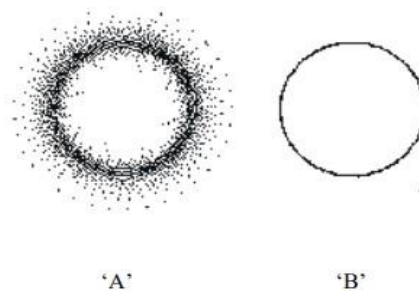


Figura 17: Diagrama de Venn ilustrando a diferença entre o conjunto *fuzzy* e o booleano  
 Fonte: Burrough (1998, apud CÂMARA et al., 2001)

É imprescindível comentar a respeito das dificuldades encontradas pelos pesquisadores nos processos de decisão da lógica booleana, que funcionam somente por exclusão. Em certos termos a lógica *fuzzy* adequa-se melhor aos trâmites do raciocínio humano. Moura (2003), vai além e faz uma interseção entre a lógica fuzzy e a pós modernidade. Segundo a autora ambos se processam através da fragmentação, das múltiplas variáveis e das inter-relações entre elas.

Entende-se que as duas lógicas são capazes de criar modelos auxiliares no processamento dos dados de forma eficiente. Enquanto a booleana atua de forma mais pontual e prática, a fuzzy tratará dos outros aspectos difusos das variáveis selecionadas para determinada pesquisa.

#### 4.4.2 Álgebra de mapas

Esse procedimento caracteriza-se de forma geral por ser uma operação de síntese, ou seja, por combinar duas ou mais variáveis de acordo com suas propriedades. De acordo com Sampaio (2012), esses atributos podem ser qualitativos, quantitativos ou ordenados, e o objetivo é “o de gerar uma nova informação capaz de fornecer uma visão diferenciada do conjunto de atributos envolvidos” (p. 122).

Segundo Tomlin (1990), os mapas que compõem a operação de álgebra de mapas associam cada local da área de estudo em questão a um valor quantitativo e qualitativo.

O raciocínio de síntese, para a ciência geográfica, nasce na Geografia Regional de Vidal de La Blache. Nesse sentido, a região configurava a integração entre os aspectos humanos e físicos, compondo o chamado “gênero de vida”, que nada mais é do que uma espécie de síntese (MARTINELLI, 2003).

A álgebra de mapas só é possível através da conversão das feições vetoriais para extensões *raster*. Isso se dá porque os vetores apresentam linhas contínuas,

onde cada atributo gráfico dos objetos representa ao menos um par de coordenadas. É esse fator, inclusive, que torna os produtos cartográficos vetoriais mais acurados e próximos da realidade. Já em relação às extensões *raster*, cada célula (pixel) possui um único valor atribuído (DAVIS, 2001). Na figura 18 podemos observar a diferença entre os dois tipos de extensões de arquivo cartográficos:

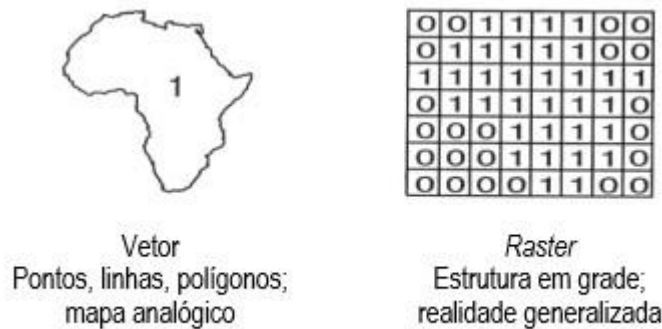


Figura 18: Comparativo entre os formatos vetor e *raster*  
Fonte: Adaptado de Davis, 2001

Em relação aos *rasters*, há certa generalização no aspecto e na identificação da realidade, mas é justamente essa característica que permite o processamento de dados na álgebra de mapas. Na figura 19 temos o exemplo da codificação de uma célula *raster* em usos múltiplos do solo.

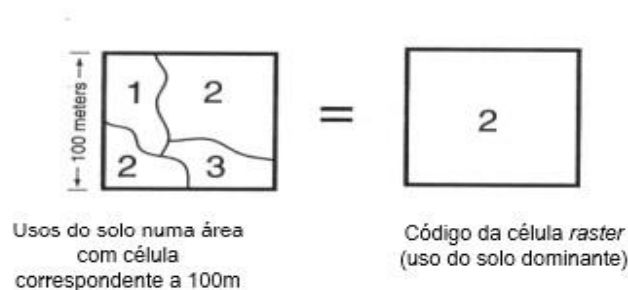


Figura 19: Codificação de célula *raster*  
Fonte: Adaptado de Davis, 2001

As operações contidas na álgebra de mapas podem ser classificadas em: locais, de vizinhança e zonais. As operações locais são definidas por Cordeiro et al. (2003, p. 8-3) como aquelas “*cujos valores locais são função de valores associados ao mesmo local por uma ou mais representações de outros campos*”. As operações de vizinhança baseiam-se no cálculo da dimensão e das formas vizinhas em torno de cada local, como por exemplo interpolação espacial para grades numéricas; cálculos de estatísticas; filtros para processamento de imagens, dentre outros. Por fim, as operações zonais se estabelecem sobre áreas específicas de um determinado campo de entrada. As zonas são definidas através de operações booleanas que envolvem outros campos (de polígonos, linhas e



pontos), associados aos objetos através dos mapas cadastrais (CORDEIRO et al., 2003).

As operações locais são importantes aliadas na análise da realidade socioambiental de determinado lugar. Dentre elas, sobressaem-se as de transformação, que são capazes de mapear diferentes categorias de modelos de dados. No conjunto das operações de transformação, destacam-se os seguintes procedimentos, explicitados por Cordeiro et al. (2003):

- i. Ponderação: associação de cada classe temática a um valor numérico específico, atribuído de acordo com o objetivo e o entendimento do pesquisador;
- ii. Fatiamento em classes: oposto à ponderação. Nesse caso, o valor numérico já existente é atribuído a uma determinada classe temática;
- iii. Reclassificação: quando um determinado campo temático é obtido a partir de outro campo temático ou do agrupamento de mais de um campo, que podem ser de categorias temáticas distintas;
- iv. Espacialização: é a geração de campos através dos atributos de objetos, objetivando demonstrar a sua variação espacial.

Assim, a ponderação pode ser utilizada em situações onde seja necessário categorizar numericamente determinadas classes, como por exemplo, num mapa de risco, atribuir pesos maiores a áreas com maior suscetibilidade aos movimentos de massa.

O fatiamento em classes pode agrupar valores, através de limites, e posteriormente categorizá-los em classes qualitativas. Por exemplo, se quiséssemos agrupar valores baixos de fragilidade em classes de fragilidade denominadas “muito baixa” ou “baixa”; ou, valores mais altos em classes “alta” ou “muito alta”.

A reclassificação seria útil numa situação onde, por exemplo, onde fosse necessário reagrupar usos distintos do solo. Classes rurais como agricultura e pecuária seriam reclassificadas numa classe temática A; classes urbanas, como área urbana consolidada, aglomerados subnormais e áreas periurbanas, seriam reclassificadas na classe B; e aspectos naturais como corpos hídricos, florestas e afloramentos rochosos, na classe C.

A espacialização é um processo corriqueiro no ambiente SIG, pois parte de uma tabela de atributos para gerar determinado produto cartográfico. Assim, poderíamos utilizar como exemplo a espacialização de setores censitários na malha municipal, apresentando como base os códigos de cada setor.

#### **4.5 O papel dos dados demográficos na análise da realidade espacial**

Os dados demográficos constituem mais uma forma de expressão da realidade. A proximidade do real se dera quanto maior forem a disponibilidade, regularidade e qualidade dos dados e das fontes (MAGALHÃES, 2015). Ao longo do tempo a demografia se caracterizou muito mais pelo desenvolvimento de técnicas do que pelas teorias. Isso também contribuiu para o seu afastamento das ciências sociais. Mesmo compartilhando da observação e da descrição com outras ciências empíricas, a demografia também se distancia delas, pois seus fenômenos não podem ser induzidos na busca por um resultado (HAKKERT, 1996).

Atualmente, diversos estudos geográficos têm sido produzidos a partir da instrumentalização de dados censitários numa determinada realidade, mas isso não foi sempre assim. Conforme posto por Marques (2012), com o desenvolvimento de técnicas capazes de conectar as micro e as macro escalas, houve certa aproximação entre as análises espaciais e os aspectos sociais. Além disso, a Geografia e a Sociologia contribuíram muito no desenvolvimento das discussões demográficas.

A respeito dos dados demográficos, Hakkert (1996) explica que podem ser classificados em dois tipos: de estoque ou de fluxo. Como o próprio nome sugere, o dado de estoque refere-se às características de uma determinada população, num momento específico, como por exemplo: quantidade de moradores, sexo, idade, distribuição territorial, etc. Esse tipo de levantamento atua como se tirasse uma fotografia de um determinado momento, como é o caso do Censo. Já os dados de fluxo tratam dos eventos transformadores das características buscadas nos dados de estoque (idade, número de moradores, sexo, etc.), ou seja, seu enfoque é na dinâmica populacional. São estudados eventos como nascimentos, óbitos, migrações, dentre outros. A fonte dos dados de fluxo normalmente se dá através de um sistema de registro de eventos.

No caso do Brasil, a qualidade dos censos é superior à dos registros de eventos, tornando a utilização dos dados censitários mais confiável e adequada às pesquisas científicas (HAKKERT, 1996). O censo nos apresenta e disponibiliza dados variados sobre a realidade demográfica, social e econômica da população brasileira.

Historicamente, o primeiro levantamento populacional do Brasil ocorreu em 1808, com o objetivo de recrutar parte da população para servir às forças armadas. Porém, em virtude do controle e da complexidade operacional, o Censo Geral do Império (1872) é considerado o primeiro do país (IBGE, 2018). Até a década de

1920 os censos compreendiam apenas o levantamento populacional. A partir dessa década é que tem início os censos da Agricultura e da Indústria. No quadro 7 encontram-se discriminadas as transformações pelas quais os censos brasileiros passaram nas últimas décadas:

QUADRO 7: Principais mudanças nos censos brasileiros ao longo das décadas

Década	Mudanças nos Censos
1940	Surgem os censos Social, Comercial, de Transportes e Comunicações, e dos Serviços
1960	Inquéritos adicionais de Construção Civil, Energia Elétrica, Comércio e Administração de imóveis
1970	Incluídos inquéritos sobre as instituições de Crédito e Seguradoras, e de Energia Elétrica; Censos econômicos (agropecuário, industrial, comercial e de serviços), passaram a ser quinquenais.

Fonte: Adaptado de Hakkert, 1996.

O último Censo brasileiro (2010), contou com instrumentos mais modernos para a consolidação de suas bases metodológicas, como arquivos vetoriais e imagens de satélites com diferentes resoluções. Segundo o IBGE (2011), somou-se a isso diferentes aplicações e novos softwares utilizados, que dentre outros benefícios, trouxeram “o ajuste da geometria da malha dos setores urbanos, adaptando-a à malha dos setores rurais” (n.p.). Isso gerou maior eficácia e contiguidade nos resultados referentes aos setores censitários.

Para que um levantamento populacional seja categorizado como censo, a ONU (1980) exige que se cumpra alguns requisitos, como por exemplo: respaldo legal, que estipula certas obrigações à entidade executora; periodicidade definida; enumeração individual de todas as pessoas; referência nacional pré-fixada, dentre outros.

Existem pontos positivos a serem destacados no modo com o censo obtém os dados. Além de se tratar de um processo trabalhoso e complexo, pois é realizado simultaneamente em todo o território nacional, ele conta com algumas etapas que buscam reiterar a sua confiabilidade e foram destacadas por Hakkert (1996):

- i. Pré-recenseamento: levantamento cartográfico e construção da estrutura necessária para a efetivação da pesquisa censitária;
- ii. Recenseamento: pesquisa censitária e sua supervisão propriamente dita;
- iii. Pós-recenseamento: Revisão dos dados, objetivando detectar inconsistências e omissões.

Algumas ressalvas a respeito da utilização de dados censitários precisam ser destacadas também. Como exemplificado por Cunha (2012), os dados do

censo acabam por promover uma espécie de congelamento das informações, visto que elas correspondem ao momento da pesquisa censitária. Além disso, o tempo entre um censo e outro é muito alto se considerarmos as rápidas transformações demográficas, socioeconômicas e principalmente espaciais promovidas e sofridas pela população.

Ao levarmos em conta os fatores supracitados, não significa que sejam propriamente obstáculos insuperáveis, mas é necessário levá-los em conta ao se produzir uma análise espacial com o auxílio desses dados. Se essa análise espacial utilizar como base, primordialmente, imagens de satélite atualizadas e de alta resolução, esse fator pode criar certa disparidade entre a realidade espacial analisada pelas imagens e a temporalidade das informações censitárias.

A análise espacial é uma das bases na qual a Geografia se apoia para buscar a compreensão da realidade. De acordo com Santos e Junior (2006, p. 98), “a análise espacial é o estudo quantitativo de fenômenos que são possíveis de serem localizados no espaço”. Nesse sentido, Krempi (2004), expõe que os dados censitários, por já possuírem uma referência espacial intrínseca, podem ser usados diretamente sem a necessidade da coleta, análise e descrição dos dados.

Nesse caso, o setor censitário é um importante aliado na análise geográfica, auxiliando na mensuração de fenômenos espaciais. Segundo a definição do IBGE (2011):

O setor censitário é a unidade territorial de controle cadastral da coleta, constituída por áreas contíguas, respeitando-se os limites da divisão político-administrativa, do quadro urbano e rural legal e de outras estruturas territoriais de interesse (n.p).

Os setores censitários são providos de limites físicos claros e bem delimitados, além de ser a menor unidade de análise do censo brasileiro, facilitando a utilização desses dados em ambiente SIG.

Para compreender os aspectos mais técnicos do levantamento censitário é preciso dar destaque a certas definições, conceitos e metodologias aplicados no Censo 2010. Os domicílios, por exemplo, receberam em sua maioria o questionário básico, composto por 37 perguntas referentes às características do domicílio e de seus moradores. Em domicílios selecionados através da fração amostral, foram aplicados o questionário de amostra, composto por 108 quesitos. Na tabela 02 apresentam-se discriminadas as porcentagens de domicílios que receberam o questionário de amostra, definidas pela quantidade de habitantes de um município:

TABELA 2: Domicílios com questionário de amostra – Percentual por número de habitantes

Classes de habitantes por município	Fração amostral dos domicílios (%)	Número de municípios
Até 2.500	50	260
Mais de 2.500 a 8.000	33	1.912
Mais de 8.000 a 20.000	20	1.749
Mais de 20.000 a 500.000	10	1.604
Mais de 500.000	5	40
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>5.565</b>

Fonte: Adaptado de IBGE, 2011

O questionário de amostra tem como função não só aprofundar a caracterização populacional (em termos econômicos, sociais e demográficos), mas também conferir a qualidade dos dados referentes ao universo de análise (HAKKERT, 1996).

O domicílio é um dos conceitos primordiais da análise censitária, sendo definido pelo IBGE (2011) como *“o local estruturalmente separado e independente que se destina a servir de habitação a uma ou mais pessoas”* (n.p.). Esse domicílio, por sua vez, é caracterizado como particular, particular permanente ou coletivo. O primeiro é aquele onde seus ocupantes possuem laços de parentesco, dependência doméstica ou normas de convivência. O particular permanente serve exclusivamente como moradia. E o coletivo engloba instituições ou estabelecimentos tais quais: asilos, hotéis, orfanatos, conventos, dentre outros (IBGE, 2011). Reiteramos que o levantamento censitário leva em conta apenas as informações demográficas dos domicílios particulares permanentes.

Aspectos da infraestrutura domiciliar também são identificados e contabilizados através do Censo produzido pelo IBGE: o tipo de esgotamento sanitário, a oferta do abastecimento de água e energia elétrica, o destino do lixo e também a característica do domicílio (próprio quitado, em aquisição, alugado, etc.).

Outras variáveis como a renda, a alfabetização e a etnia também são fundamentais para a caracterização da população brasileira e a produção de informação que podem auxiliar em múltiplos âmbitos.

Em ambiente SIG, os dados censitários tornam-se importantes aliados na caracterização social da espacialização dos fenômenos. A partir dos itens elencados pelo pesquisador e do seu objetivo, é possível inferir pesos às variáveis, tornando-as mensuráveis no ambiente SIG.

Um importante instrumento para o cruzamento entre diferentes produtos gráficos no âmbito do geoprocessamento é a álgebra de mapas. As principais

operações utilizadas atuam sobre campos (booleanas, matemáticas, locais e zonais), sobre objetos (seleção e junção espacial) e mistas (interseção espacial, mapa de distâncias e reclassificação por atributos). Com o auxílio de uma ou mais operações, por exemplo, é possível gerar produtos espaciais mais finos, e que casem informações sociais (através do censo) e ambientais (através do mapa de suscetibilidade) (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

Com a crescente complexidade na qual o mundo se desenha atualmente, a necessidade de abordagens que convirjam fatores censitários e análise espacial também aumenta. A interseção entre essas informações tornou-se uma grande aliada no desvelamento de padrões difíceis de serem compreendidos somente a partir da leitura de tabelas e/ou gráficos.

Bueno (2014) cita outros fatores que levaram à consolidação desse tipo de estudo, como por exemplo: dados espaciais com maior resolução e acurácia, novas metodologias de coleta de dados, melhores ferramentas e profissionais capazes de manipular esses dados.

Os dados censitários, quando utilizados em consonância com as análises espaciais, permitem a produção de informações relevantes em múltiplos aspectos, enriquecendo ainda mais a discussão geográfica.

## 5. Resultados

### 5.1 Análise dos mapas de suscetibilidade da CPRM

#### 5.1.1 Movimentos de massa

Tomando como base a metodologia aplicada pela CPRM (2014) e já discriminada na presente pesquisa, busca-se agora demonstrar de que modo isso foi aplicado de fato no mapeamento. Para realizar a análise espacial de movimentos de massa nos municípios brasileiros, o órgão baseou-se nas variáveis de declividade, curvatura da encosta e densidade de lineamentos. Logo, o diagnóstico de áreas suscetíveis aos movimentos de base teve variáveis especificamente geológicas e geomorfológicas como alicerce.

Segundo Farah (2003), existem três pontos dinamizadores dos movimentos de massa, as características geométricas, geológicas e o ambiente fisiográfico. Alguns parâmetros topográficos importantes podem ser utilizados para a análise locacional de potenciais deslizamentos de massa, como enumeram Fernandes et al. (2001), dentre eles: orientação das encostas, declividade, forma da encosta (em perfil e em planta), área de contribuição, etc. Todos esses aspectos explicitam a relação entre a hidrologia e a forma da encosta.

Outro ponto importante para a compreensão mais ampla dos processos de movimentos de massa, diz respeito às propriedades do solo (textura, agregação dos grãos, quantidade de matéria orgânica, pH, dentre outros); ao tipo e densidade da cobertura vegetal; e ao manejo do solo realizado no local (CHRISTOPHERSON, 2012). Sabe-se que todas essas variáveis são importantes para se realizar uma análise abrangente sobre a capacidade de infiltração e a consequente umidade presente no solo.

A CPRM (2014) selecionou para o mapeamento somente a declividade, a curvatura da encosta e os lineamentos estruturais como propriedades indutoras ou catalisadoras dos movimentos de massa. Isso se justifica pela grande amplitude cujo o mapeamento foi realizado e a tentativa de disponibilizar rapidamente os dados para outros setores interessados.

A opção pela utilização somente das variáveis referentes à fisiografia local, e a exclusão das demais supracitadas, tem seus prós e contras. A vantagem diz respeito principalmente à possibilidade de mapeamento da declividade, da curvatura e dos lineamentos através de softwares e do processo de análise digital do terreno. Segundo Fernandes et al. (2001), o maior problema se dá justamente quando a declividade acaba sendo utilizada como o principal parâmetro topográfico de análise, o que pode gerar distorções nos resultados. Ou seja, áreas

de baixa declividade, inicialmente classificadas com baixa suscetibilidade, podem na verdade apresentar índices relevantes de movimentos de massa. Ao mesmo tempo, de acordo com Guerra (2012), a maior relevância à declividade se dá justamente por essa variável estar diretamente relacionada à gravidade, um dos fatores fundamentais nas ocorrências de movimentos de massa.

A metodologia aplicada pela CPRM, porém, reclassificou a declividade, a curvatura da encosta e os lineamentos estruturais através dos valores encontrados no ISD (Índice de Suscetibilidade a Deslizamentos) e posteriormente os somou. Essa forma de validação permitiu a correção de possíveis distorções.

Nesse sentido, o que pode ser percebido através da observação e análise dos dados disponibilizados pela CPRM (2014) é que, de fato, o produto cartográfico de declividade apresenta algumas diferenças importantes em relação à carta de suscetibilidade de movimentos de massa. Analisaremos, em primeira instância, os aspectos relativos à declividade em si, como mostra a figura 20:



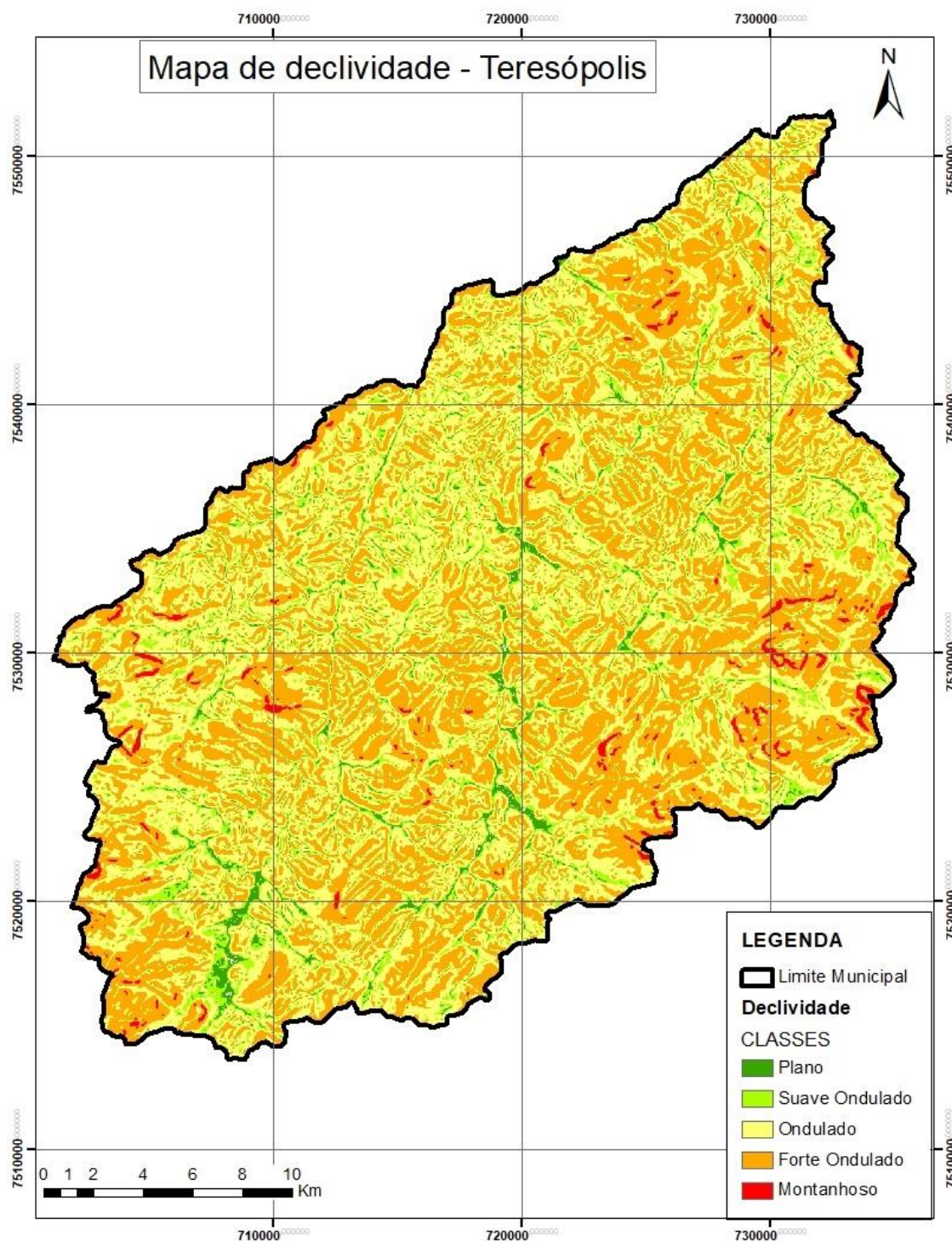


Figura 20: Mapa de declividade do município de Teresópolis  
 Fonte: Própria autora, 2018

O mapa foi produzido utilizando como base os dados matriciais de declividade disponibilizados pela CPRM (2014). Reagrupou-se as declividades (que variavam de 0,99 a 77,05) de acordo com a classificação proposta pela EMBRAPA (1979), da seguinte maneira:

Tabela 3: Porcentagem das áreas em relação à classificação de relevo da EMBRAPA

Declividade (%)	Relevo	Área (Km²)	% no município
<b>0-3</b>	Plano	21,77	2,82%
<b>3-8</b>	Suave Ondulado	71,82	9,32%
<b>8-20</b>	Ondulado	349,36	45,36%
<b>20-45</b>	Forte Ondulado	318,41	41,34%
<b>45-75</b>	Montanhoso	8,71	1,13%
<b>&gt;75</b>	Escarpado	-----	-----
<b>Total</b>	-----	770,10	100%

Fonte: Adaptado de Embrapa, 1979

O que pode ser constatado é que a quase totalidade da extensão municipal apresenta declividades que caracterizam o relevo como “ondulado” e “forte ondulado” (45,36% e 41,34%, respectivamente). Já as regiões mais planas (2,82%) são comumente encontradas nas proximidades dos rios, ou seja, nas planícies de inundação.

No caso do relevo caracterizado como “escarpado” (com mais de 75% de declividade) é mais específico, apesar de se tratar da Região Serrana. As declividades mais altas não se encontram dentro do limite político municipal de Teresópolis, mas no entorno, onde localiza-se a Serra dos Órgãos, como podemos ver no mapa da figura 21:

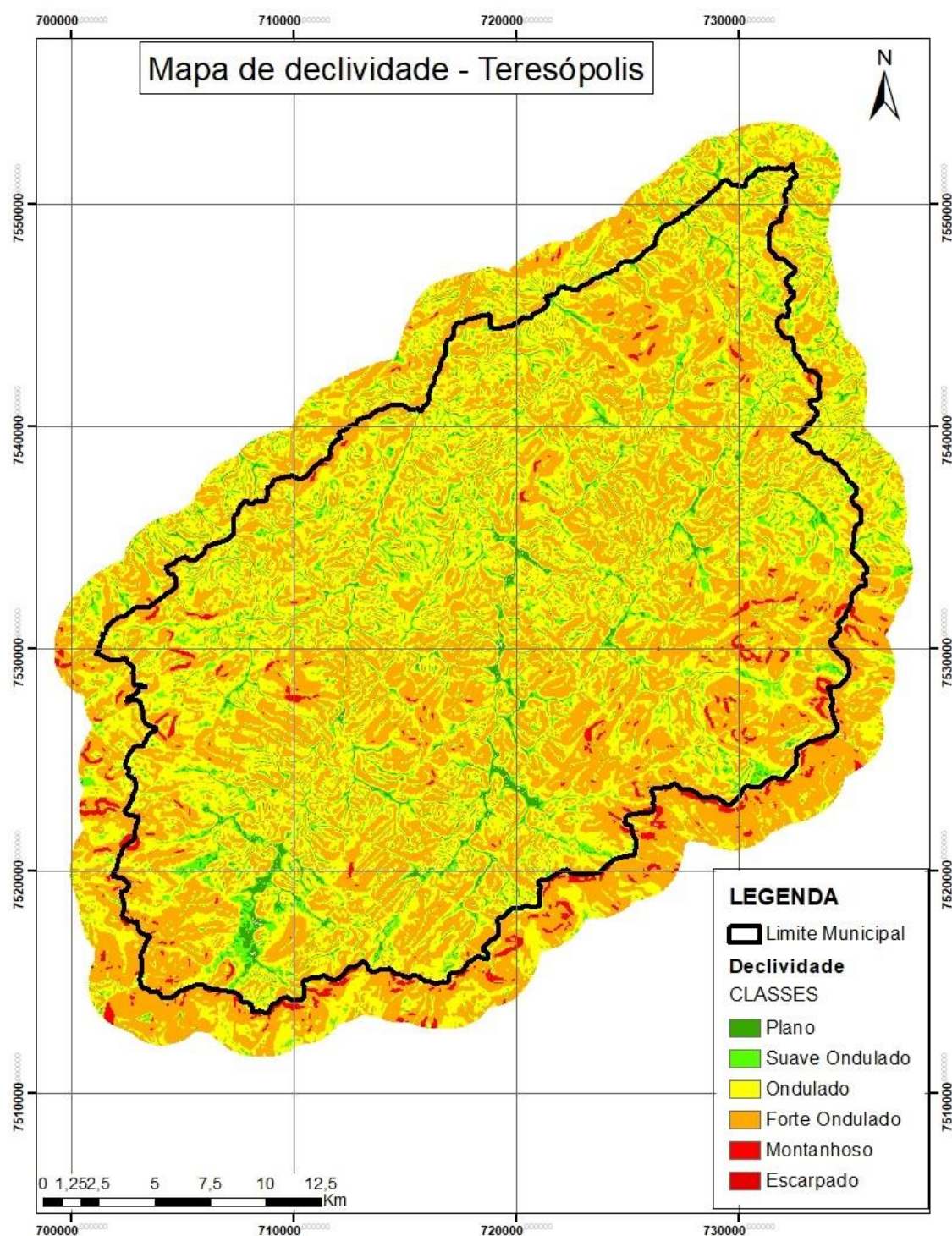


Figura 21: Mapa de declividade de Teresópolis e entorno  
 Fonte: Própria autora, 2018

Observa-se que as regiões mais escuras (de relevo escarpado) localizam-se mais ao sul e sudeste de Teresópolis, formando uma espécie de cinturão ao redor do limite político municipal.

Nos aspectos geomorfológicos, o município é composto basicamente por escarpas serranas e domínio montanhoso. As escarpas, por conta de seus elevados gradientes de declividade e recorrência de depósitos de tálus, oferecem



limitações à ocupação humana das vertentes (DANTAS et al., 2001). O mapa geomorfológico da CPRM reitera a nossa percepção inicial acerca da tipologia do relevo em Teresópolis: as escarpas serranas se concentram na região do Parque Nacional da Serra dos Órgãos e o domínio montanhoso preenche o restante do território, como pode-se observar na figura a seguir:

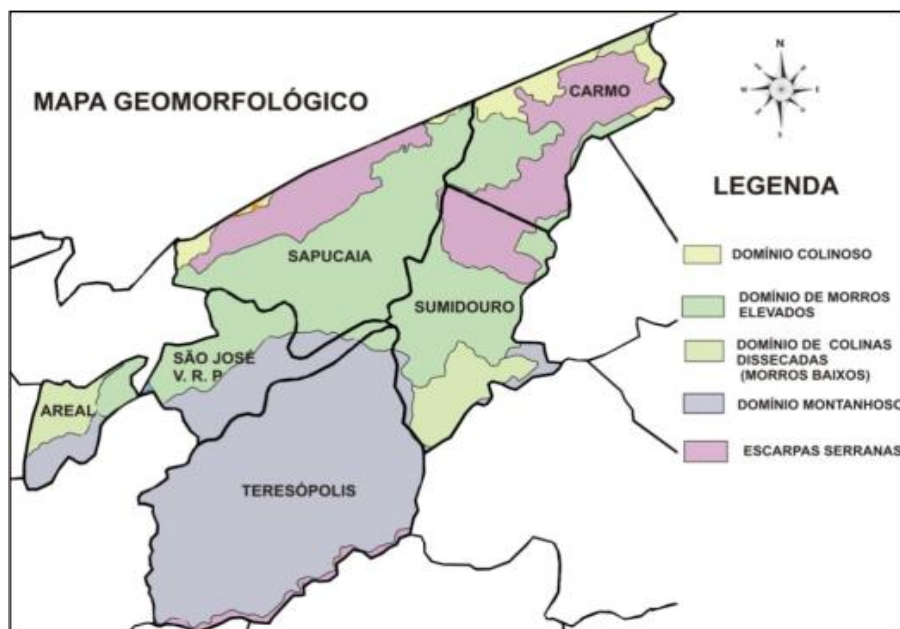


Figura 22: Mapa geomorfológico de Teresópolis e adjacências  
Fonte: CPRM, 2012

As áreas de escarpas serranas, em geral, apresentam solos rasos e lixiviados e, conseqüentemente, um alto potencial de movimentos de massa (DANTAS et al., 2001). No caso do município teresopolitano, a ocupação nessas localidades não é restrita somente pelas dificuldades físicas e estruturais, mas também pelo fato delas estarem concentradas ao PARNASO (Parque Nacional da Serra dos Órgãos), que coíbe legalmente qualquer tipo de construção ou moradia.

No mapa da figura 23, em escala 1:200.000, apresentam-se as classes de suscetibilidade aos movimentos de massa, distribuídas pela extensão do município:

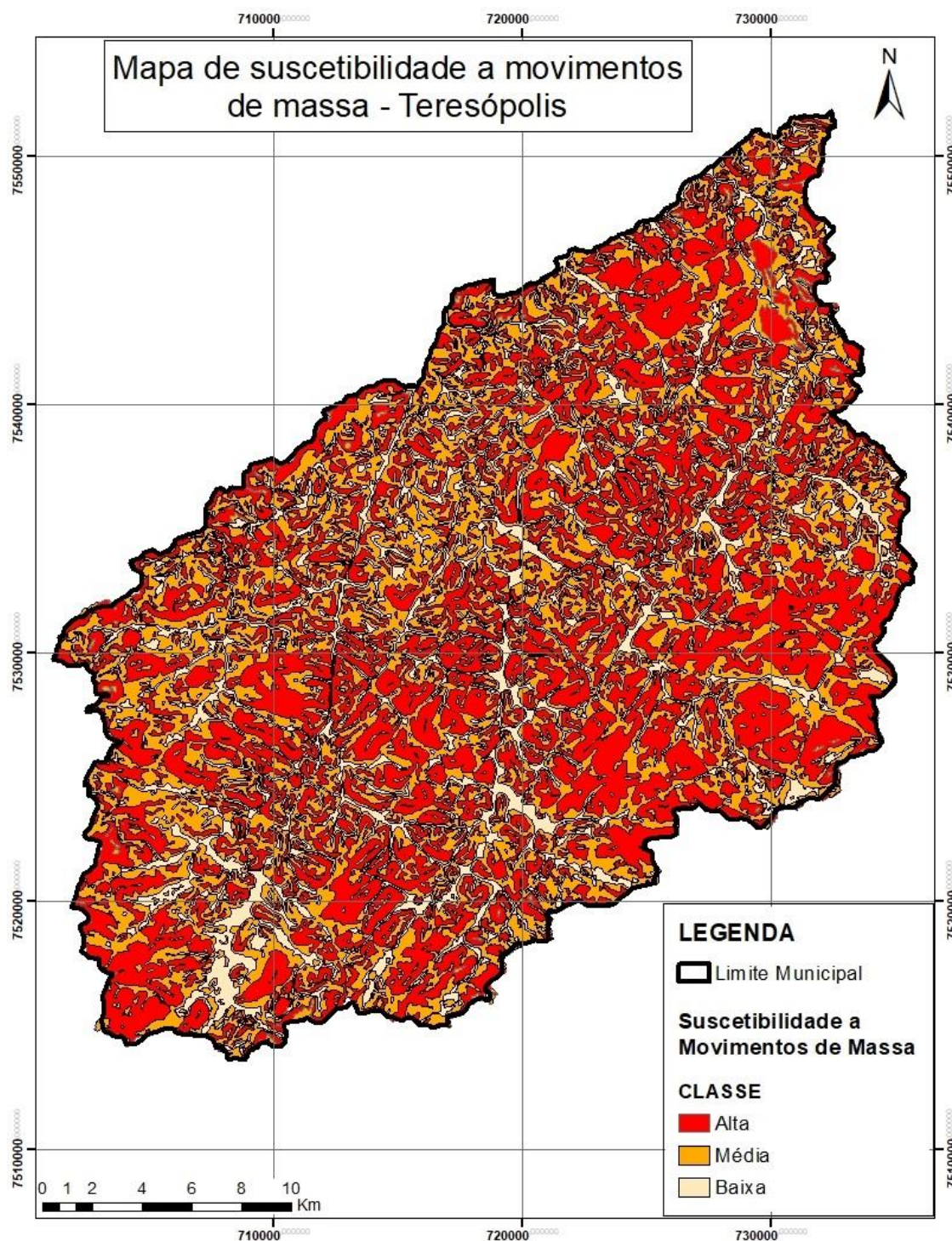


Figura 23: Mapa de suscetibilidade aos movimentos de massa no município de Teresópolis  
 Fonte: Própria autora, 2018

Num primeiro olhar, o que salta aos olhos é a grande quantidade de regiões englobadas pela classe de alta suscetibilidade, e pouquíssimas áreas de baixa suscetibilidade aos movimentos de massa. Na busca pela obtenção de resultados mais concretos, realizou-se o somatório da área de todos os polígonos de cada classe, produzindo os seguintes números:

Tabela 4: Distribuição de área para cada classe de suscetibilidade a movimentos de massa

Classe	Área (Km²)	Área (Porcentagem)
<b>Alta</b>	335,26	43,34%
<b>Média</b>	343,78	44,44%
<b>Baixa</b>	94,47	12,21%
<b>Total</b>	773,51	100

Fonte: Própria autora, 2018

O que percebemos então, é que as possíveis distorções derivadas do enfoque à declividade são mínimas ou inexistentes, pois há muito mais áreas de alta suscetibilidade aos movimentos de massa do que áreas com altas declividades. Isso possivelmente se deu por conta da aplicação do conceito de UHT (Unidade Homogênea do Terreno). Esse modelo consiste na delimitação de polígonos que representem áreas relativamente homogêneas em termos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos. Segundo Calvello et al. (2013), a distinção entre as unidades de terreno, ou domínios territoriais, pode ser utilizada para definir, calibrar ou validar um modelo de análise de movimentos de massa.

A maior parte do município (41,34%) apresenta declividades de até 45%, caracterizadas pelo tipo “forte ondulado”. Considerando que a classe de suscetibilidade aos movimentos de massa com maior área é a média, podemos comprovar que a metodologia da carta de suscetibilidade não priorizou exclusivamente as declividades como o maior ponto a ser levado em conta.

Teresópolis possui alguns aspectos geológicos e geomorfológicos que não podem ser desprezados no trato dos movimentos de massa. O município faz parte de um dos sistemas montanhosos mais proeminentes do Brasil, a Serra do Mar. De acordo com Almeida e Carneiro (1998), ela possui cerca de 1.000Km de extensão, com alcance desde o Rio de Janeiro até o norte de Santa Catarina. Na porção centro-oriental fluminense, é constituída por um bloco de falhas em direção ao rio Paraíba do Sul, com vertentes íngremes voltadas para a Baixada Fluminense, como apresenta a figura a seguir:

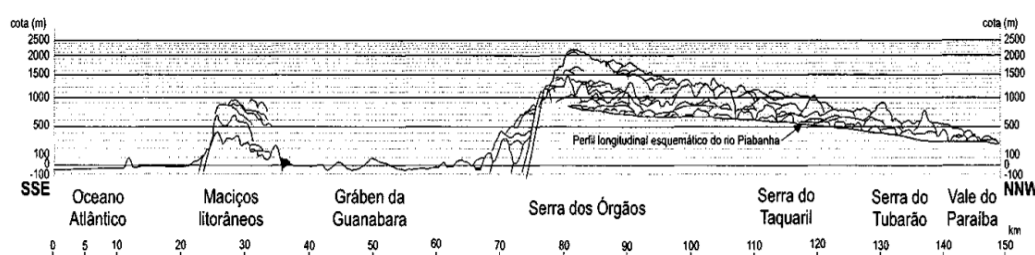
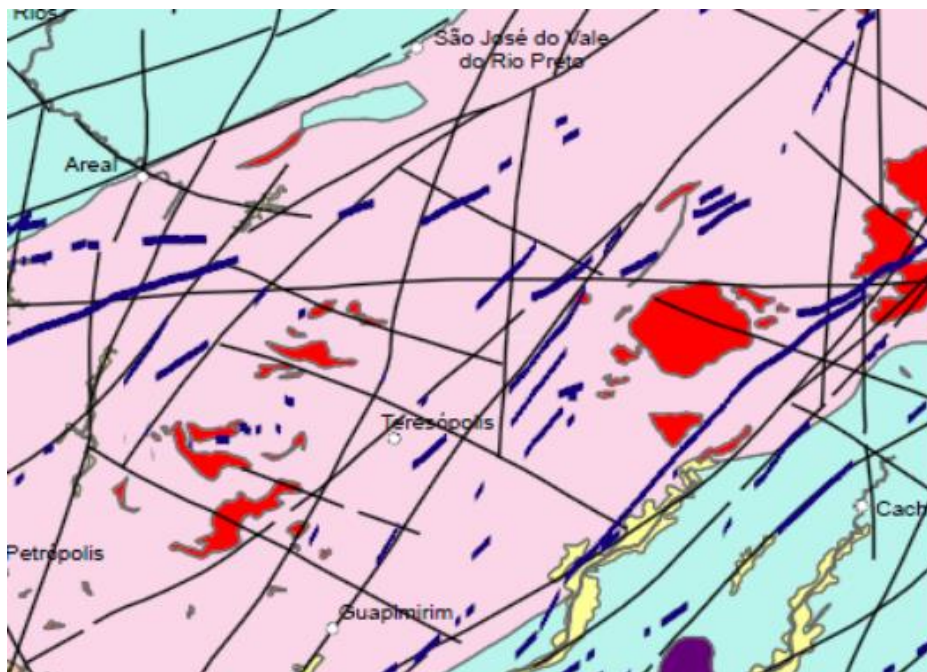


Figura 24: Perfil esquemático transversal da região entre o Oceano Atlântico e o Vale do Paraíba, no Rio de Janeiro

Fonte: Almeida e Carneiro, 1998

De acordo com dados do DRM-RJ (2008), a maior parte do município é composta por ortognaisses, granitos homogêneos e diques de diabásio. Há muitas falhas e fraturas na região, resultantes de condições específicas de temperatura e pressão ao longo dos anos. Pode-se observar, na figura a seguir, as características geológicas de Teresópolis e dos municípios limítrofes:



	Rochas ortoderivadas: Formadas através do metamorfismo entre rochas ígneas. As mais comuns no estado do Rio de Janeiro são os ortognaisses.
	Granitos homogêneos: Rochas de aproximadamente 500 milhões de anos. Compostas basicamente por feldspato, quartzo e biotita.
	Dique de diabásio: Rochas magmáticas com a presença de minerais ricos em ferro e magnésio.
	Falhas, fraturas e dobras: estruturas de reação das rochas a esforços por elas sofridos.

Figura 25: Características geológicas de Teresópolis  
Fonte: DRM\_RJ, 2008

Segundo Dantas et al. (2001), a ocupação do município é restrita às planícies fluviais e às vertentes mais baixas e menos declivosas do domínio montanhoso. É possível comprovar isso através do histórico de desenvolvimento de Teresópolis, compilado por Oscar (1991): sua ocupação inicial se deu próximo às áreas mais planas do rio Paqueta, onde hoje localiza-se o bairro da Várzea. Já a sua ocupação efetiva se deu no século XIX, pela fixação de moradia do comerciante inglês George March onde atualmente é o bairro do Comari, local com encostas menos íngremes.

É importante salientar também que Teresópolis é um dos municípios da Região Serrana que se encontra classificado em risco muito alto de escorregamentos, segundo o DRM-RJ. Isso chama a atenção para problemática



da região, e para possíveis soluções. No mapa a seguir observa-se os graus de classificação de todos os municípios fluminenses:

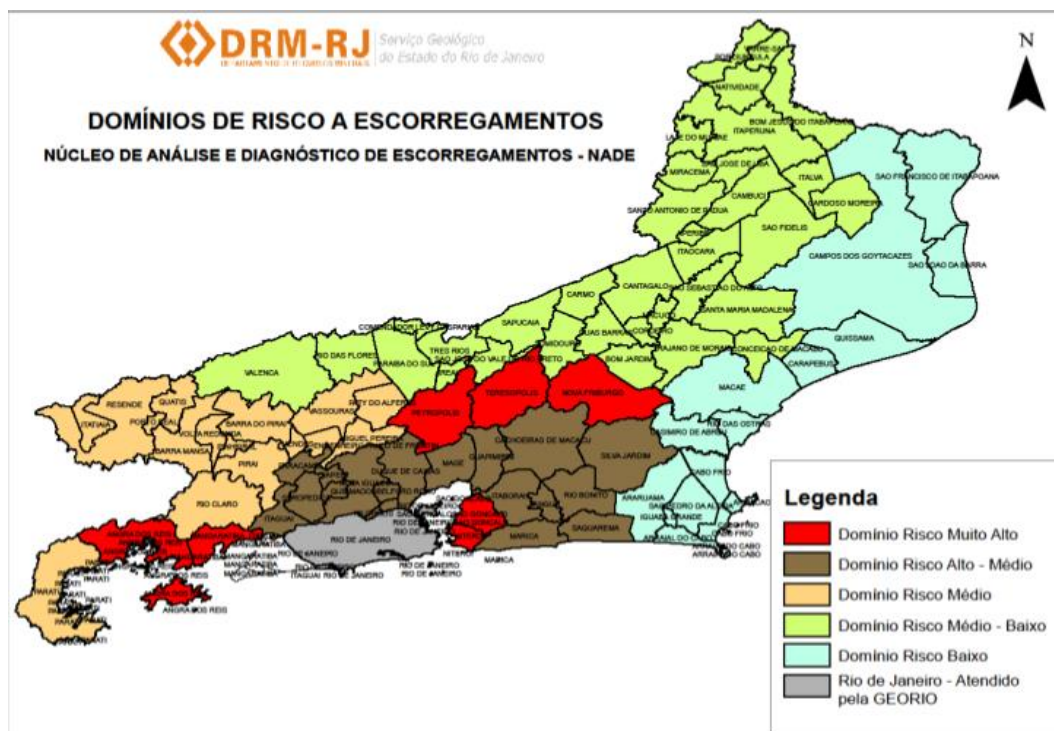


Figura 26: Mapa dos domínios de risco a escorregamentos no estado do Rio de Janeiro  
Fonte: DRM-RJ, 2011

A partir da análise da suscetibilidade do município, pode-se perceber que as áreas classificadas como “alta suscetibilidade” aos movimentos de massa são, em sua maioria, compostas por encostas, afloramentos rochosos, declividades mais acentuadas e elevações acima da média. Nesse sentido, Grotzinger e Jordan (2010, p. 457), colocam que *“os movimentos de massa são mais prováveis quando o mergulho das camadas próximas à superfície é paralelo à encosta”*. Assim, quanto maior for o grau de declividade da encosta, maior a sua suscetibilidade aos deslizamentos. Na figura 25 a seguir é possível observar esse fator:

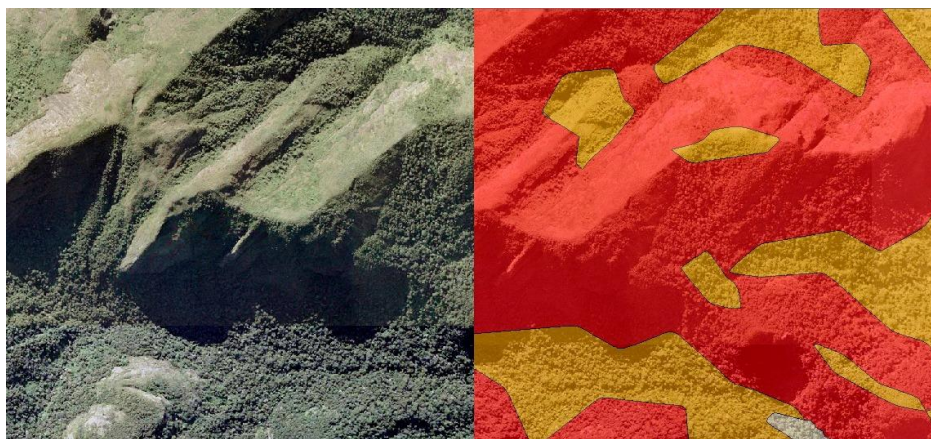


Figura 27: Detalhe comparativo de ortofoto antes e depois da classificação de suscetibilidade  
Fonte: Adaptado de CPRM, 2014



Nesse sentido, o primeiro quadrante apresenta uma ortofoto (CPRM, 2014), composta por uma área de relevo escarpado e afloramentos rochosos. No quadrante à direita, temos a mesma ortofoto, porém após a classificação a partir da carta de suscetibilidade, apresentando-se categorizada como uma área de alto risco a movimentos de massa.

A estabilidade nas encostas não depende somente do seu grau de inclinação, mas também do nível de fragmentação do material que as compõe (GROTZINGER e JORDAN, 2010).

Tomando isso como base, podemos compreender porque o município de Teresópolis quase que a totalidade de seu território classificada como suscetibilidade alta/média. De acordo com Christofolletti (1980), o sudeste brasileiro apresenta estação chuvosa prolongada e declividades relativamente acentuadas de suas vertentes, principalmente na região da Serra do Mar, onde Teresópolis se localiza.

Além disso, a maior parte dos deslizamentos registrados nas encostas serranas são caracterizados como planares ou translacionais. Esse tipo de fenômeno ocorre normalmente em solos pouco desenvolvidos e com altas declividades (CARVALHO e MACEDO, 2007). A figura 26 ilustra esse tipo de fenômeno:



Figura 28: Exemplo de deslizamento translacional em forma esquemática e em destaque na imagem de satélite

Fonte: Adaptado de Tominaga et al., 2009; Google Earth, 2018

No quadrante esquerdo, apresenta-se um esquema de modo simplificado de um deslizamento planar. Já no quadrante direito temos um exemplo real de cicatrizes decorrentes do mesmo tipo de movimento de massa, após o grande desastre da região Serrana, em 2011. A foto de satélite data de fevereiro de 2012, na localidade de Barra do Imbuí, em Teresópolis.

### 5.1.2 Inundações

Para a investigação das áreas suscetíveis às inundações é preciso dar atenção a alguns pontos diretamente condicionantes do fenômeno. Segundo Cooke e Doorknamp (1990) existem três grupos de fatores que proporcionam a existência das inundações: os transitórios, permanentes e mistos.

Os fatores transitórios falam sobre a pluviosidade, a taxa de saturação dos solos, a evapotranspiração. Nesse sentido, o que podemos dizer a respeito de Teresópolis, é que o município apresenta índices altos e regulares de pluviosidade. Segundo Teresópolis (2014), o município se encontra numa faixa climática entre o quente e o mesotérmico brando (subtropical úmido), com temperaturas que variam em média de 9° C a 27° C.

De acordo com as medições elencadas pela CPRM e derivadas dos postos pluviométricos, no intervalo de tempo entre os anos de 1977 a 2006, pode-se observar a distribuição média de precipitações para os diferentes distritos que compõem o município. A figura 27 apresenta as isoietas anuais médias, onde é possível observar as diferenças nas precipitações de cada localidade:

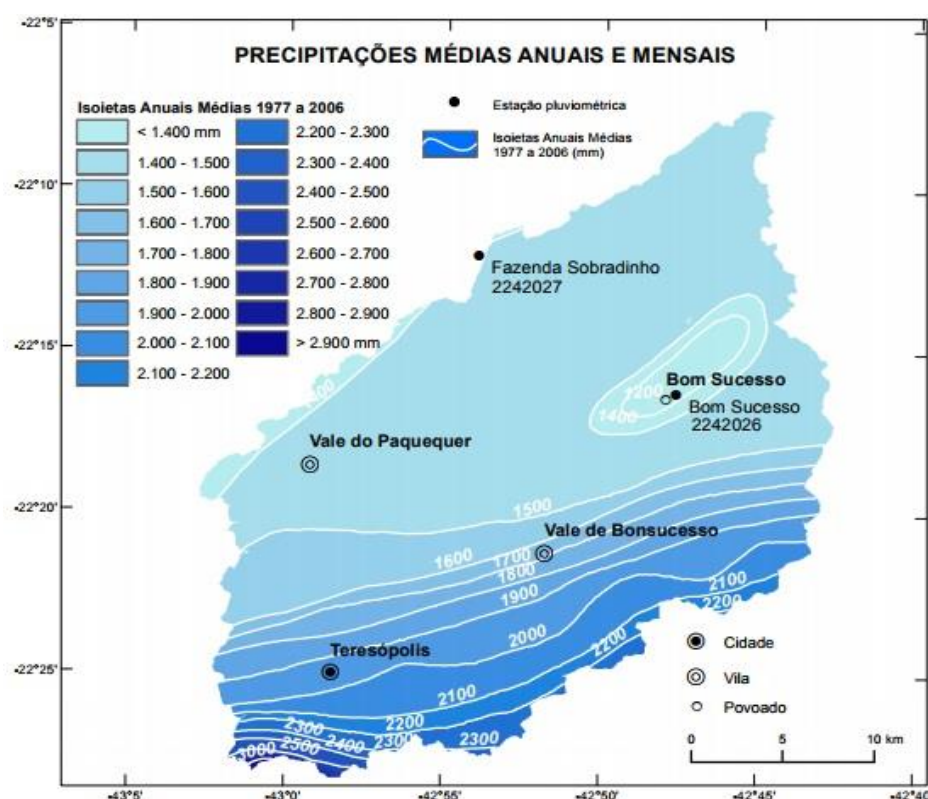


Figura 29: Precipitações anuais médias entre os anos de 1977 e 2006 para os distritos de Teresópolis  
Fonte: CPRM, 2018

A partir do mapa supracitado é possível observar que a maior parte do Vale do Paquequer configura médias anuais de precipitação que variam entre 1.400 mm/ano e 1.600 mm/ano. Já no centro do distrito de Teresópolis as médias anuais

são maiores, aproximadamente 2.000 mm/ano, podendo ultrapassar 2.900 mm/ano. As maiores cotas de precipitação ocorrem no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, onde há também a influência direta da altitude e da vegetação. Segundo a EMBRAPA (2006), nessa região a vegetação subperenifólia, constituída de folhas largas, troncos mais finos, e solo coberto de húmus, favorece temperaturas mais amenas (entre 19° C e 22° C) e precipitações mais regulares.

O município apresenta intensidade e regularidade de chuvas. De acordo com a figura 28, a média pluviométrica entre os anos de 2007 e 2012 foi de 1.140 mm/ano, como é possível observar a seguir:

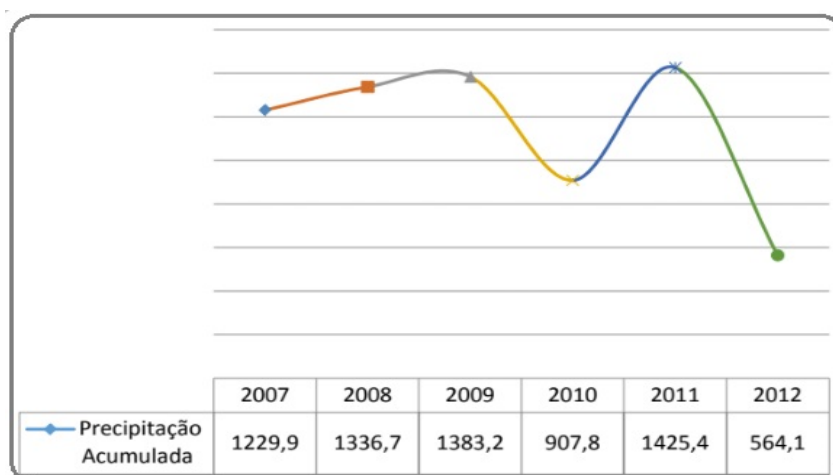


Figura 30: Gráfico de precipitação acumulada entre os anos de 2007 e 2012  
Fonte: INMET, 2014

O pico de precipitação acumulada se deu justamente em 2011, ano no qual ocorreu a maior tragédia climática da história do país: o desastre na Região Serrana. Teresópolis foi um dos municípios mais afetados, totalizando 403 óbitos. Num período de 4 horas choveu aproximadamente 160 mm, afetando o total de 49.000 pessoas (COPPETEC, 2014).

Como apresentado, a intensidade e regularidade das chuvas têm impacto direto no grau de saturação dos solos, podendo favorecer os movimentos de massa. Mas, além disso, podem proporcionar também o transbordamento dos rios, e as enchentes e inundações derivadas desse fator. De acordo com Christofolletti (1980), a única quantidade de água da precipitação total que não participa da recarga hídrica dos rios é aquela que sofreu evapotranspiração. O mesmo autor também coloca a seguinte consideração, que *“as condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia são fatores que controlam a morfogênese das vertentes e, por sua vez, o tipo de carga detrítica a ser fornecida aos rios”* (p.66).

De acordo com Cunha (2012, p. 221), os *“rios e canais transbordam de seus leitos [...] pelo menos uma vez a cada dois anos”*. Além disso, para se mensurar

de modo preciso o risco à inundação de determinada área, é necessário investigar também a recorrência (intervalo entre uma enchente e outra) do fenômeno.

No mapeamento realizado pela CPRM (2014) não foram consideradas as taxas de pluviosidade, nem a recorrência das cheias. Segundo o órgão, essa espécie de pesquisa “*seria compatível com a elaboração de mapas de perigo e não de suscetibilidade*” (p. 18). É importante dizer que essa seleção não invalida os resultados apresentados na carta de suscetibilidade. O que se fez foi dar ênfase ao fator permanente, ou seja, às características geológicas, topográficas e morfológicas da bacia de drenagem. Como coloca Tonello (2005):

As características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre (cap.1, p.10).

Assim, a morfometria e o padrão de drenagem podem ser de grande auxílio na interpretação de fatores como infiltração e abastecimento dos canais fluviais e subterrâneos. Isso embasa a relevância da carta de suscetibilidade da CPRM, mesmo utilizando somente os fatores permanentes em sua metodologia. Segundo Lima (2008), a forma e o relevo influem tanto na quantidade de água do deflúvio, quanto na taxa de sedimentação.

A nota técnica da carta de suscetibilidade indica os parâmetros utilizados que possuem relação diretamente proporcional ao fenômeno da inundação: a Área de Contribuição (Ac), configura o volume de água que atinge o rio principal; a Densidade de Drenagem (Dd) tem relação com processos climáticos e litológicos da área; o Índice de Circularidade (Ic) corresponde à forma e à hidrologia da bacia, de modo que quanto mais circular o formato da bacia, maior é o acúmulo de sedimentos e o favorecimento à ocorrência de inundações; o Índice de Sinuosidade (Is), influenciado pela carga de sedimentos, compartimentação litológica, estruturação geológica e declividade; e o fator Relação de Relevo (Rr), que denota relação inversa ao fenômeno da inundação (CPRM, 2014; HORTON, 1945; SCHUMM, 1956).

A carta de suscetibilidade produzida identificou as áreas com alta, média ou baixa propensão ao fenômeno da inundação, como apresenta a figura 31 a seguir:

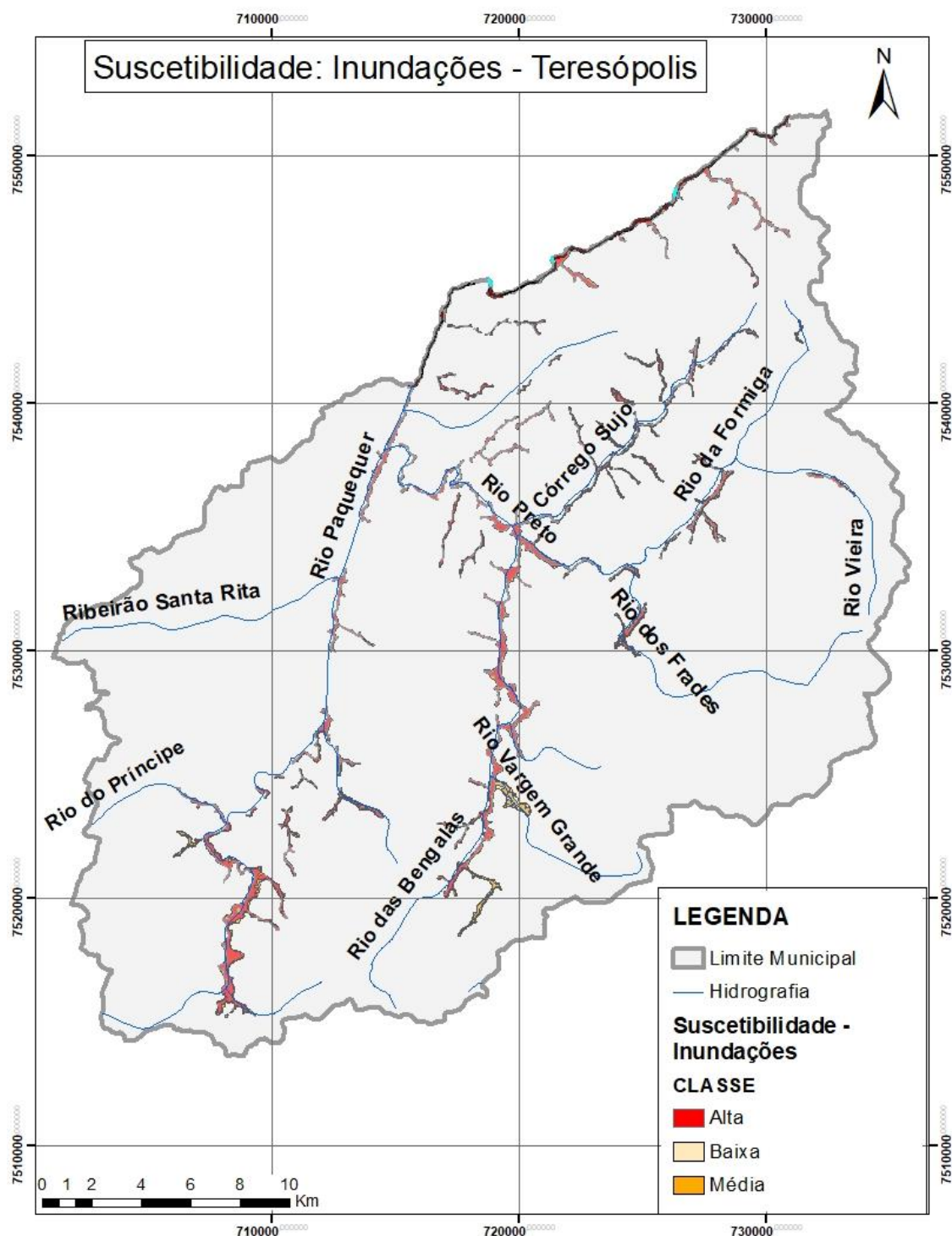


Figura 31: Mapa de suscetibilidade a inundações - Teresópolis  
 Fonte: Própria autora, 2018

Tomando como base a manipulação dos dados vetoriais de classificação em ambiente SIG, chegou-se aos seguintes totais de cada classe:

Tabela 5: Total da área de cada classe de suscetibilidade a inundações

Classe	Total (Km²)	Total (%)
Alta	15,58 Km²	2,02%
Média	6,31 Km²	0,81%

Baixa	2,11 Km <sup>2</sup>	0,27%
-------	----------------------	-------

Fonte: Própria autora, 2018

De acordo com os resultados obtidos, percebe-se que as áreas caracterizadas com algum tipo de suscetibilidade (alta, média ou baixa), correspondem a uma parcela bem pequena do total de extensão do município. Mas, ainda assim, a maior parte das áreas suscetíveis possuem alto potencial de inundação.

O principal rio do município é o Paquequer, com 37Km de extensão, atravessa o distrito de Teresópolis e do Vale do Paquequer (os mais populosos da cidade e, inclusive, onde localiza-se a sede municipal), recebendo efluentes industriais, domésticos e rurais (TERESÓPOLIS, 2014). No mapa da figura 32, temos a delimitação da bacia citada, bem como os principais rios e córregos do município:



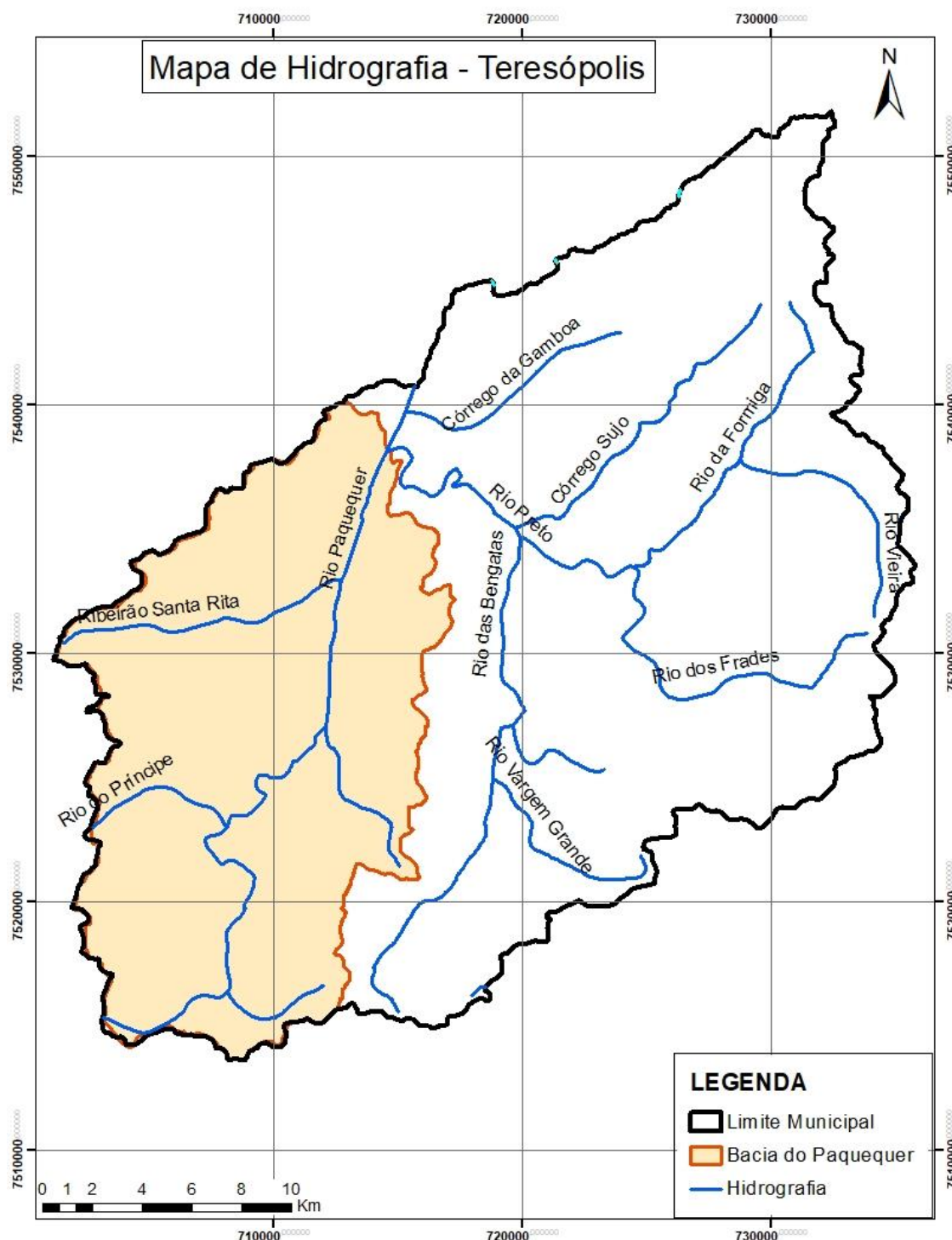


Figura 32: Mapa dos principais rios e córregos de Teresópolis e delimitação da bacia do Paquequer  
Fonte: Própria autora, 2018

O rio Paquequer apresenta um dos primeiros apontamentos de cheias do município, na década de 1950, após sua retificação. No quadro 8 elencamos alguns dos principais registros de eventos e intervenções do rio em questão e no município como um todo:

QUADRO 8: Série histórica de eventos e intervenções fluviais no município de Teresópolis

Ano	Acontecimento
1938	Retificação do trecho do Paquequer, no bairro da Várzea
1957	Grande enchente no Paquequer
1966	Grande enchente na cidade
1977	Temporal provoca enchentes no rio Paquequer
1978	Geisel destina verba federal para a obra de saneamento básico: construção da galeria de águas pluviais do bairro de Agriões ao rio Paquequer
1984	Aberto o Corte do Mansur, na Estrada do Imbuí, um túnel extravasador do rio Paquequer, buscando escoar melhor as águas, e evitando as enchentes

Fonte: Adaptado de Oscar, 1991

A bacia do Paquequer é uma região assimétrica, e com mais de 80% de sua área com declividades inferiores a 30° e apenas 3% com declividades maiores que 45° (normalmente regiões de rocha exposta). Aproximadamente 44% de sua área é côncava ou convexa e 12% são áreas planas. A sua alta sinuosidade permite baixa taxa de infiltração e alto escoamento superficial, o que favorece o fenômeno da inundação (SILVA, 2006).

Numa primeira vista, os rios Paquequer e das Bengalas são os que mais chamam atenção, principalmente por apresentarem, em quase toda a sua extensão, áreas com alta suscetibilidade a inundações. Além disso, como pontuam muito bem Costa e Silva (2006), ambos têm seu alto curso inserido no relevo montanhoso do reverso da Serra do Mar. No mapa a seguir, em detalhe, é possível observar as características de suscetibilidade do Paquequer e do Bengalas:



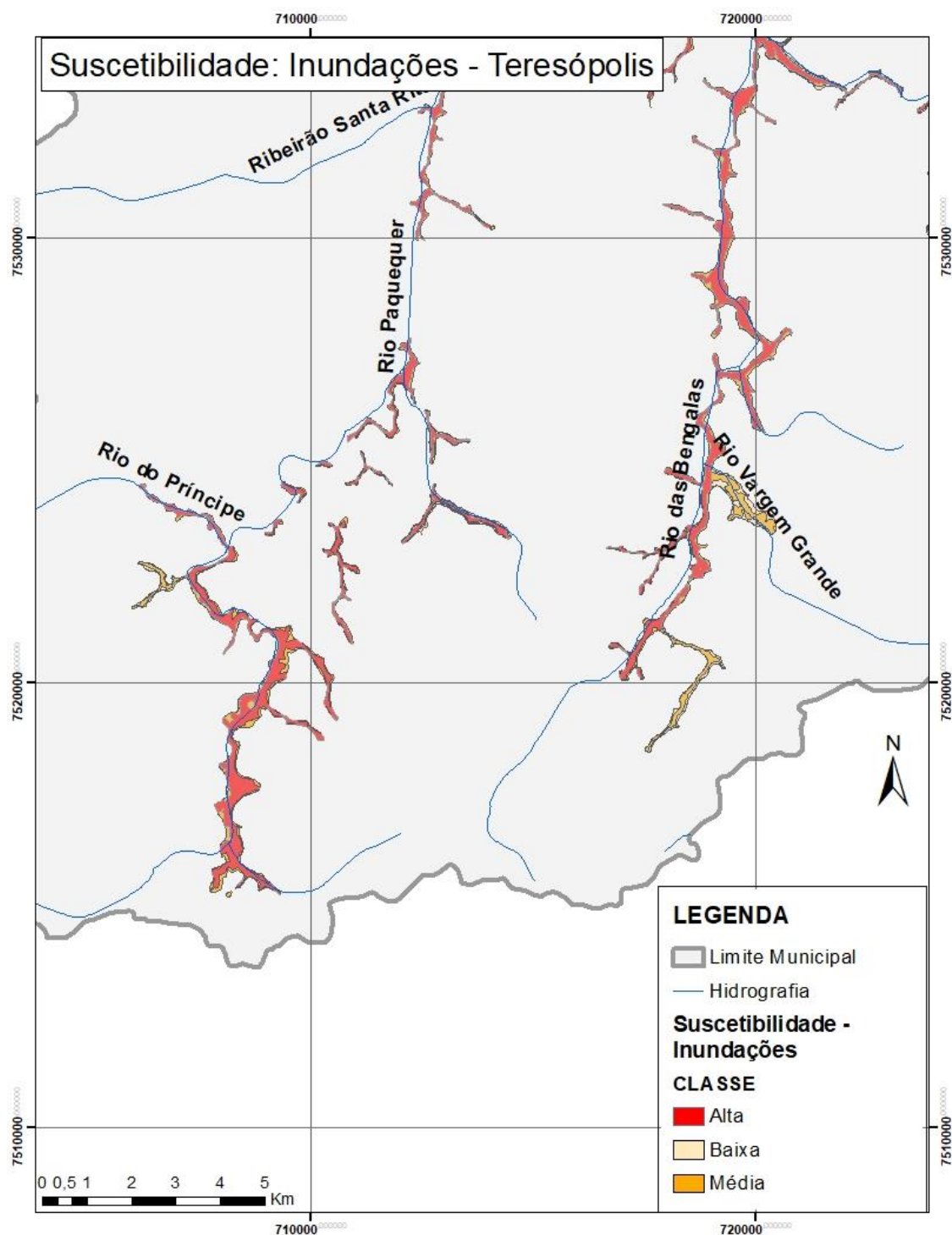


Figura 33: Mapa de suscetibilidade a inundações em detalhe  
 Fonte: Própria autora, 2018

A área do Paquequer que aparece mais ampla em relação ao alto risco é justamente onde encontra-se a região central do município, onde localizam-se, por exemplo, a Prefeitura, a Câmara de Vereadores e a Rodoviária, como demonstra o comparativo a seguir:



Figura 34: Detalhe da região central de Teresópolis  
Fonte: Google Earth, 2018



Figura 35: Classificação de suscetibilidade na região central de Teresópolis  
Fonte: CPRM, 2014

Segundo o mapeamento de suscetibilidade, a área central, onde localizam-se as sedes de vários órgãos públicos, encontra-se justamente numa região de alta suscetibilidade a inundações.

Ao norte da bacia também há outros pontos de alta suscetibilidade, principalmente em direção à BR-116, nas proximidades do limite municipal com São José do Vale do Rio Preto, como é possível ver na figura a seguir:





Figura 36: Área periurbana ao norte da bacia do Paquequer e seu perímetro de suscetibilidade  
Fonte: CPRM, 2014

Ao contrário da área central da cidade, essa região apresenta aspecto ocupacional de menor porte e extensão. Poderíamos, inclusive, caracterizá-la como perímetro periurbano, elucidado por Pereira (2007) do seguinte modo:

De maneira geral, áreas periurbanas são concebidas como espaços de transição. Áreas em que coexistem lógicas urbanas e rurais, criando espaços com atributos específicos, fragilidades e potencialidades próprias, resultantes das interações dos elementos urbanos e rurais (p. 292).

Segundo autor, uma das características mais marcantes da área periurbana é a “*difusão de elementos urbanos cercados por paisagens rurais*” (p. 293).

Segundo o INEA (2014), há nove pontos críticos ao longo da extensão do Paquequer, dentre eles a região central da cidade, na confluência com o rio Meudon. Essa área é classificada como alta suscetibilidade a inundações, pelo mapeamento produzido pela CPRM (2014), como apresenta-se a seguir:

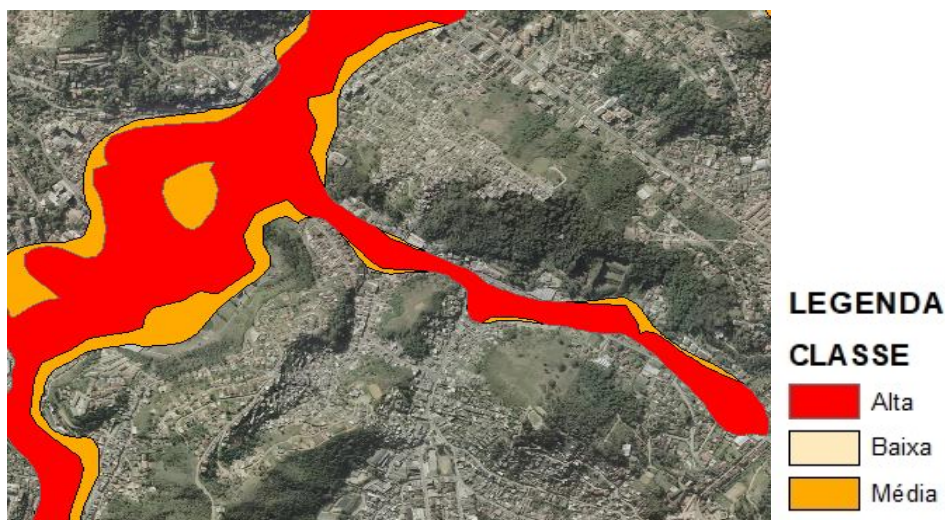


Figura 37: Detalhe da área de confluência entre o rio Meudon e o Paquequer  
Fonte: Própria autora, 2018

O canal à direita corresponde ao rio Meudon, e o maior, à esquerda, ao Paquequer. Como pode ser percebido, a totalidade da área está classificada em alta e média suscetibilidades à inundação.

A microbacia do rio Meudon faz parte da bacia do Paquequer e é considerada uma unidade estratégica pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro, por conta da grande densidade de ocupação da área (INEA, 2014). A imagem a seguir registrou o momento de limpeza de parte da calha do rio Meudon, o principal extravasador de águas do bairro de mesmo nome:



Figura 38: Limpeza da calha do rio Meudon  
Fonte: Jornal dos bairros de Teresópolis, 2012

O mapeamento de suscetibilidade a inundações realizado pela CPRM classificou somente as áreas próximas aos principais corpos hídricos do município, assim sendo, boa parte do território não recebeu nenhum tipo de classificação. De acordo com a nossa análise numérica do mapeamento, obtém-se os seguintes números:

TABELA 6: Quantidade de áreas inundáveis classificadas

Classes	Área mapeada (Km)	Área mapeada (%)
Baixa	2,11Km	0,27%
Média	6,25Km	0,81%
Alta	15,32Km	1,98%
Total	23,68Km	3,06%

Fonte: Própria autora, 2018

Com base nisso, somente pouco mais de 3% da área do município recebeu algum tipo de classificação em relação ao nível de suscetibilidade a inundações. Ainda assim, pode-se observar também que a maior incidência de classe no município é a alta (com pouco mais de 15Km).

## 5.2 Análise do mapeamento de uso e cobertura do solo do INEA

As atividades antrópicas deixam marcas na superfície terrestre desde os tempos mais remotos. A velocidade das transformações espaciais tem se apresentado cada vez mais acelerada. Assim, a interpretação desses aspectos geográficos através da utilização do sensoriamento remoto tem se tornado importante aliada no desvelamento da realidade.

O produto cartográfico de uso e cobertura do solo é comumente utilizado como instrumento de análise espacial, visando obter informações acerca das formas de organização espacial nas mais diferentes escalas. Como explicitam Leite e Rosa (2012):

O uso e cobertura da terra é a informação mais acessível numa imagem de satélite, pois a mesma permite a visualização e identificação direta dos elementos ali geometricamente apresentados (p.91).

A partir disso, é possível compreender que uma das informações mais evidentes em determinada imagem de satélite será o uso e a cobertura da terra.

Rosa (2007) infere que através do conhecimento prévio, do monitoramento e da interpretação das imagens de uso e ocupação do solo pode-se chegar à elucidação de padrões e questões diversas da organização espacial. Isso permite que o planejamento e a tomada de decisões sejam realizados com base em informações mais adequadas.



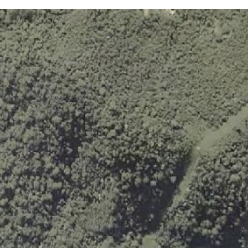

Tomando como base os referidos pontos, julgamos imprescindível a utilização do mapeamento de cobertura e uso do solo para a presente pesquisa. Entendemos que sem a aplicação desse tipo de produto cartográfico nossa análise de risco socioambiental acabaria por ficar deficiente.

Além disso, é importante compreender que as alterações no uso do solo são derivados diretamente dos padrões sociais e culturais impostos pela economia global, e afetam de modo diferente cada localidade (GALHARTE, et al., 2014).

O mapeamento de cobertura do solo utilizado na presente pesquisa foi produzido pelo Instituto Estadual de Ambiente do Rio de Janeiro (INEA), através de imagens Landsat-8 do ano de 2015, trabalhadas no software *Ecognition*. O método aplicado para a classificação foi a análise direcionada ao objeto (GEOBIA) que, de modo resumido, consiste em classificações de imagem através não só da resposta espectral dos alvos, mas também utiliza outros aspectos como localização, topologia, textura da imagem, dentre outros (BINI et al., 2016). Isso permite a classificação mais detalhada das imagens, ainda que realizada de modo automático.

A partir disso foram geradas e definidas classes de cobertura do solo para todo o estado do Rio de Janeiro. O INEA agrupou as classes geradas através do mapeamento em quatro grandes conjuntos (coberturas naturais, antro-po-naturais, antrópicas e imutáveis). No quadro 9 elencamos os grupos, as classes, as definições utilizadas pelo Instituto e imagens a fim de ilustrar a diferenciação entre as classes:

QUADRO 9: Definições da classificação de uso do solo do INEA

Grupo	Classe	Definição	Exemplo ilustrativo
Naturais	Comunidade relíquia	Vegetação florística e fisionômica ecologicamente diferenciada do contexto geral da flora dominante	
	Vegetação secundária inicial	Resultante de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais	
	Vegetação secundária em estágio avançado	Vegetação que alcançou estágios médio-avançados de recuperação	
Antro-po-naturais	Agricultura	Áreas de uso agrícola, em geral de culturas anuais	

Antropo-naturais	Campo/pastagem	Áreas desmatadas para pecuária ou outras formas de uso que não sejam floresta ou vegetação arbustiva	
	Reflorestamento	Áreas de regeneração natural ou intencional de florestas e matas	
Antrópicas	Urbano	Áreas de ocupação e loteamentos urbanos consolidados	
	Solo exposto	Áreas cuja cobertura vegetal foi totalmente removida	
Imutáveis	Afloramento rochoso	Exposição de rochas na superfície terrestre	
	Água	Áreas permanentemente inundadas	

Fonte: Adaptado de INEA, 2015



A fim de facilitar a compreensão da presente pesquisa, apresentamos somente as classes existentes no município de Teresópolis. Desse modo, não foram levadas em consideração as seguintes classes utilizadas pelo INEA para outros municípios do estado: manguezal, restinga, áreas úmidas, cordões arenosos, dunas e salinas.

Além das classes apresentadas, os arquivos no formato *shapefile* também contam com outro parâmetro, as áreas de sombra. Nesses locais o sensor não foi capaz de detectar qual era o tipo de cobertura existente. O município de Teresópolis possui considerável registro de áreas de sombra, o que se deve possivelmente pelo seu relevo montanhoso e escarpado.

É preciso fazer algumas ressalvas quanto à classificação realizada pelo INEA. Primeiramente ela apresenta caráter muito mais biológico do que geográfico. Pode-se perceber isso através da múltipla subdivisão de áreas florestadas (vegetações secundárias, reflorestamento, comunidade relíquia), enquanto a área urbana permanece como uma classe única, sem subdivisão em aglomerados subnormais ou núcleos periurbanos, por exemplo.

O segundo ponto diz respeito à qualidade do mapeamento. Sabe-se que a classificação automática muitas vezes conta com erros, justamente por ser orientada à reflectância do alvo. Objetos que se assemelham em reflectância podem ser confundidos pelo sensor. Nesse quesito, entram a revisão e a interpretação do pesquisador para a correção de determinados problemas ou erros. Nos arquivos em formato *shapefile* disponibilizados pelo INEA, porém, foram observadas algumas inconsistências derivadas do mapeamento automático. Áreas que claramente pertenciam à determinada classe de cobertura foram lidas como outro tipo de uso.

Tendo em vista essas retificações, optou-se pela utilização do mapeamento finalizado por duas razões: o produto cartográfico já pronto permite maior rapidez nos outros processos a serem realizados para a conclusão do objetivo; além disso, isso permite maior replicabilidade de metodologia para outros pesquisadores que possam se interessar na produção de algo semelhante.

Na figura 39 a seguir, podemos observar a classificação de usos do solo no município de Teresópolis, realizada pelo INEA:



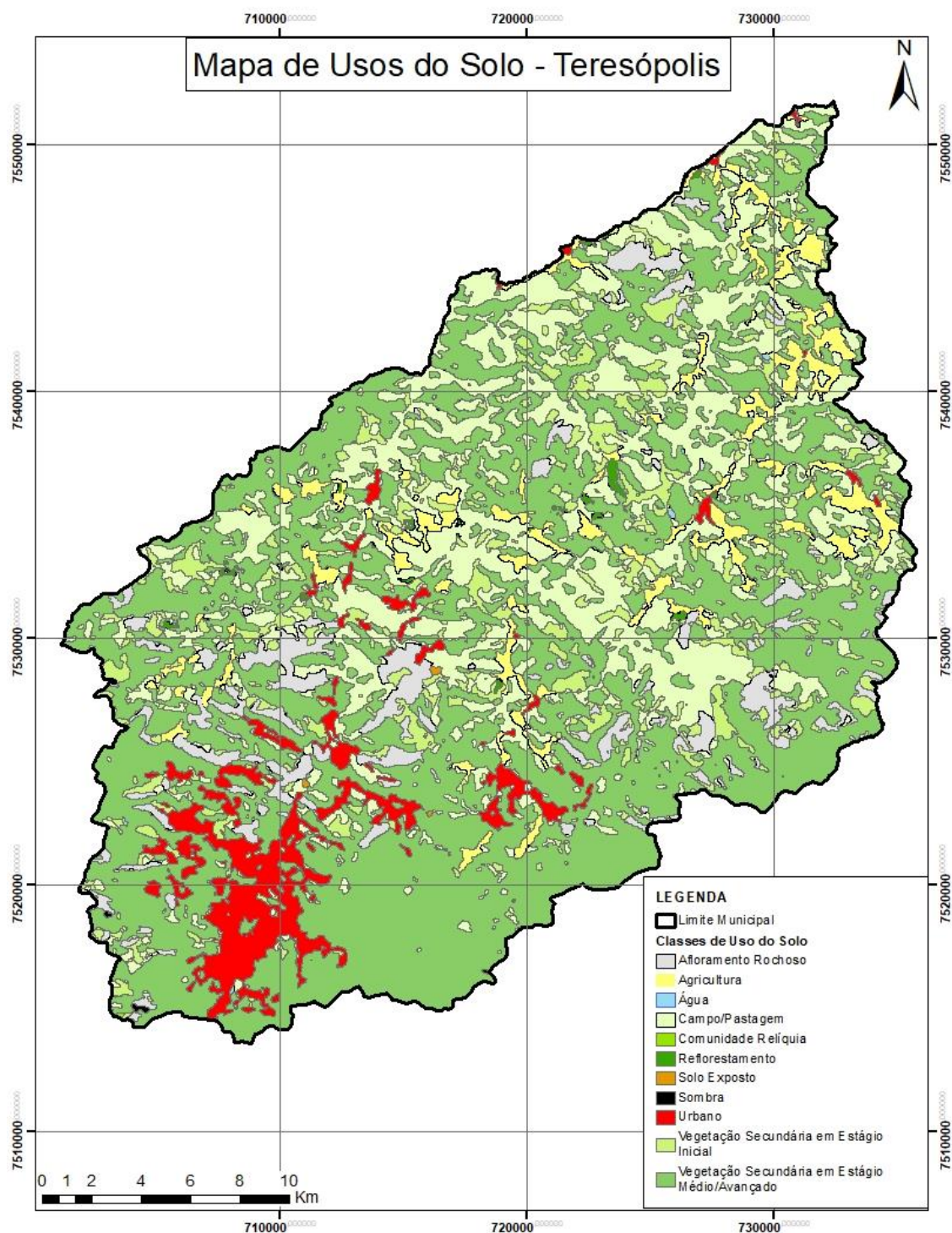


Figura 39: Mapa de usos do solo - Teresópolis  
 Fonte: Própria autora, 2018

Visualmente, a classe que mais chama atenção é a de vegetação secundária em estágio médio avançado, ocupando a maior parte do território. A mancha urbana concentra-se no distrito de Teresópolis, o centro político-administrativo do município. Há também muitas áreas de afloramento rochoso, por conta dos aspectos geológicos e geomorfológicos da localidade.

Com base nos dados vetoriais disponibilizados pelo INEA (2015), foi possível estipular a quantidade de área correspondente a cada categoria de uso do solo. Os valores encontram-se discriminados de forma crescente, no quadro QS a seguir:

TABELA 7: Valores da área de cada classe de uso do solo - Teresópolis

Classe de uso do solo	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
<b>Comunidade relíquia</b>	0,07	0,01%
<b>Solo exposto</b>	0,25	0,03%
<b>Sombra</b>	0,28	0,04%
<b>Água</b>	0,54	0,07%
<b>Reflorestamento</b>	2,21	0,29%
<b>Agricultura</b>	39,83	5,17%
<b>Urbano</b>	40,50	5,25%
<b>Afloramento rochoso</b>	44,50	5,77%
<b>Vegetação secundária em estágio inicial</b>	63,21	8,20%
<b>Campo/pastagem</b>	187,94	24,38%
<b>Vegetação secundária em estágio médio/avançado</b>	391,58	50,80%
<b>Total</b>	770,91	100%

Fonte: Própria autora, 2018

A partir dos valores apresentados torna-se possível traçar um panorama mais aprofundado sobre o município. Em primeiro lugar, a área urbana apresenta baixa proeminência, com apenas 5,25% do total. Esse resultado contrasta com a taxa de urbanização pela fundação CIDE (2010), de 89,3% da área do município. Considerando que o percentual de área urbana seja tão inexpressivo e que a taxa de urbanização de Teresópolis seja tão alta, o que podemos concluir é que há uma grande concentração de habitantes numa área urbana restrita, enquanto o restante do município apresenta localidades de vazio ocupacional. O aumento significativo das taxas de urbanização pode se tornar um problema quando não é realizado o planejamento estratégico nesse âmbito. Como colocam Martine e McGranahan (2010):

[...] se essa transformação for deixada na mão das forças do mercado e da especulação imobiliária [...], ela vai avolumar a pobreza, multiplicar as favelas e aumentar a degradação ambiental num ritmo nunca visto anteriormente (p. 23).

Em relação à classe de agricultura, é curioso que um município cuja produção agrária seja uma das maiores do estado, possua somente 5,17% do seu

território como área agrícola. Isso se deve, principalmente, por dois fatores: em primeiro lugar, a estrutura fundiária do município é constituída principalmente por mini e pequenas propriedades, de até 10 hectares (RPERS-RJ, 2011); e em segundo lugar, boa parte da produção agrária é de olericultura, que oferece grande volume de produção por área (o cultivo de alface, por exemplo, produz de 6 a 10 ciclos em um ano, no mesmo local) (MINAMI e MELLO, 2018).

A vocação agrícola do município surgiu desde os primeiros núcleos de povoamento da região. Já na década de 1920, parte da produção hortifrutigranjeira de Teresópolis já abastecia a cidade do Rio de Janeiro (MIRANDA, 2006). O município encontra-se, até o período atual, entre as cinco maiores participações na produção agropecuária do estado, perdendo somente para Campos dos Goytacazes. O gráfico da figura 40 ilustra essas participações, para o período compreendido entre 2006 e 2010:

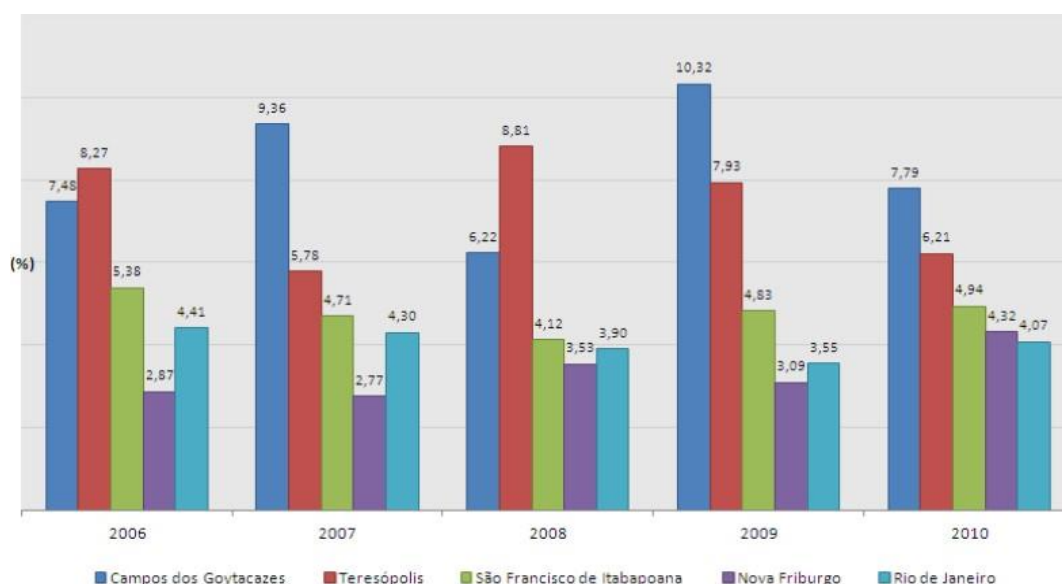


Figura 40: Gráfico de participação na agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (2006-2010)  
Fonte: Fundação CEPERJ, 2012

Portanto, no ano de 2010, o município da Região Serrana obteve 6,2% de participação no valor adicionado da agropecuária fluminense. A produção temporária que mais obteve destaque foi a de hortaliças (94%) (CEPERJ, 2012).

Ainda a respeito dos usos do solo, é possível realizar um breve comparativo entre algumas classes de cobertura. De acordo com números do TCE (2004), a vegetação secundária foi a cobertura que mais se expandiu no período entre 1994 a 2001, passando de 41% para 54%. Conforme a base de dados do INEA, em 2015 a vegetação secundária (em estágio inicial e médio/avançado) prosseguiu a sua expansão, chegando ao somatório de 59%. Já a classe de campo/pastagem mais que dobrou a sua área no período de 1994-2001, passando de 12% para

29% e, apresentando uma leve queda em 2015 (24,38%). Já a área urbana mantém crescimento discreto, apresentando em 1994 uma taxa de 2,5%; em 2001, 4,7%; e chegando a 5,25% em 2015. No gráfico JJ a seguir, pode-se observar melhor a curva de crescimento de cada uma das coberturas:

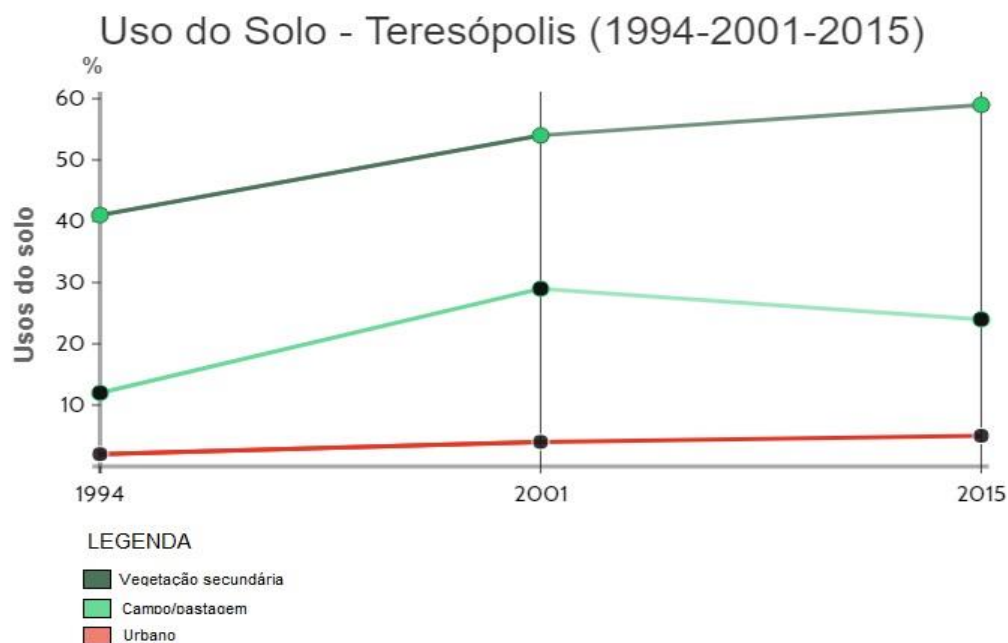


Figura 41: Gráfico de evolução dos usos do solo – Teresópolis (1994-2015)  
 Fonte: Adaptado de TCE e INEA (2004:2015); Formulação nossa, 2018

Estabeleceu-se para os municípios fluminenses a classificação baseada em Índices de Qualidade de Uso do Solo e Cobertura Vegetal (IQUS), que estipulam categorias alicerçadas no tipo de cobertura do solo e no grau de modificações realizadas no território. No quadro a seguir apresentam-se as definições de cada categoria:

**QUADRO 10: Classificação e características dos IQUS**

<b>IQUS</b>	<b>Característica</b>
Rodeio	Maior percentual de pastagens; presença de pequenas manchas urbanas; pequena influência de formações originais e de áreas agrícolas
Rural	Maior percentual de formações originais e de áreas agrícolas; presença de áreas urbanas, degradadas e de vegetação secundária; quase nenhuma influência de pastagens
Nativo	Maiores áreas de formações originais e de pastagens; presença de vegetação secundária e áreas agrícolas; pouca influência das áreas urbanas e degradadas
Verde	Grandes áreas de formações originais e/ou de vegetação secundária; menores valores

	percentuais de áreas urbanas, agrícolas, de pastagem ou degradadas
Metrópole	Maior percentual de áreas urbanas

Fonte: TCE, 2004

Com base nisso, o município de Teresópolis, no ano de 1994, encaixava-se na categoria Nativo/Verde, possuindo a maior parte de seu território com formações originais ou secundárias, presença de áreas agrícolas e pouca influência de áreas urbanas e degradadas. Em 2001, houve a mudança de categoria para Verde/Rodeio, que consiste na presença de manchas urbanas e áreas agrícolas com maior influência (TCE, 2004). Categorizando a classificação de cobertura de 2015 de acordo com o índice supracitado, acreditamos que o município se manteria na mesma classificação de Verde/Rodeio, pois houve aumento significativo apenas na classe de vegetação secundária.

### 5.3 Análise das variáveis censitárias

De modo a orientar nossos procedimentos mais consistentemente, foi necessário recorrer à algumas técnicas matemáticas que nos auxiliassem a atingir os objetivos propostos.

A manipulação dos dados censitários se faz mais complexa do que as análises das cartas de suscetibilidade por conta, principalmente, das múltiplas variáveis. Para dar conta desse cenário, aplicamos a lógica *fuzzy* para os parâmetros selecionados previamente: renda, quantidade de moradores, infraestrutura do domicílio e alfabetismo do responsável. O valor da vulnerabilidade social do município, que será elemento importante na álgebra de mapas, consistirá então no manejo dos parâmetros citados.

Visando facilitar a associação das múltiplas variáveis, sem com isso perder a validade dos dados, optamos pela lógica *fuzzy*, atribuindo pesos que variam de 0 a 255 para cada fator (como demonstrado em SANTOS, 2012). A aplicação desse método far-se-á com base na seguinte lógica, por nós definida: os menores pesos serão sempre atribuídos às características que representem menor fragilidade social à população; em contrapartida, os maiores pesos serão sempre relacionados às características mais frágeis do domicílio e/ou moradores.

Para integrar todas as variáveis relativas a um parâmetro específico, fizemos uso da Combinação Linear Ponderada (Weighted Linear Combination – WLC), cujo método consiste na padronização da escala numérica através dos pesos que,

posteriormente, serão combinados por intermédio da média ponderada (VOOGD, 1982).

A equação a seguir demonstra, a título de exemplo, a aplicação da WLC para os parâmetros selecionados:

$$\text{Fragilidade} = ((Vx/n * \text{peso1}) + (Vy/n * \text{peso2}) + (Vz/n * \text{peso3}))$$

Nesse caso,  $Vx$ ,  $Vy$  e  $Vz$  correspondem às variáveis referentes a um dos parâmetros selecionados e serão substituídas pelo número de domicílios referente àquela característica;  $n$  representa o número total de domicílios do setor censitário investigado; e o peso é a variação entre 0 e 255 por nós estipulada.

As variáveis selecionadas através do Censo 2010 utilizaram como base teórica as três dimensões propostas pelo Atlas de Desenvolvimento Humano (ADH) para a construção do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS). São elas: renda e trabalho, infraestrutura urbana e capital humano. De acordo com o IPEA (2016):

Essas dimensões correspondem a conjuntos de ativos, recursos ou estruturas, cujo acesso, ausência ou insuficiência indicam que o padrão de vida das famílias encontra-se baixo, sugerindo, no limite, o não acesso e a não observância dos direitos sociais (p.8).

Para compor estruturalmente essas dimensões, selecionamos as variáveis censitárias relativas aos seguintes aspectos:

- i. Renda nominal mensal dos domicílios;
- ii. Quantidade de moradores por setor censitário;
- iii. Infraestrutura do domicílio (abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e distribuição de energia elétrica);
- iv. Alfabetismo do responsável pelo domicílio;

A renda nominal mensal diz respeito à soma dos rendimentos de todos os moradores do domicílio, dividida pelo número de pessoas residentes e se encaixa na dimensão do ADH de “renda e trabalho”. Esse aspecto social é importante pois, através dele, é possível analisar as diferentes realidades dos diversos setores censitários do município. A insuficiência ou a dificuldade de acesso ao valor do salário mínimo da época (2010), pode demonstrar uma alta fragilidade social dos domicílios investigados.

O índice acerca da quantidade de moradores dialoga com a dimensão da infraestrutura urbana, pois indiretamente refletirá a quantidade de pessoas que é ou não atendida pelos serviços públicos. Quanto mais moradores, maior é a demanda do setor censitário em questão e, através disso, é possível observar quais áreas do município apresentam demandas mais ou menos atendidas. Além

disso, quando tratamos de questões de risco socioambiental, a quantidade de pessoas afetadas pelo desastre natural é um fator indispensável para a análise da realidade que ali se apresenta.

Os aspectos relacionados à infraestrutura do domicílio ajustam-se à dimensão da infraestrutura urbana proposta pelo ADH. De acordo com o IPEA (2016), os fatores relacionados impactam diretamente na saúde e no bem-estar da população, tornando-se assim, indispensáveis à análise da realidade socioeconômica da região.

A taxa de alfabetismo em relação ao responsável por domicílio liga-se com a dimensão do capital humano, proposta pelo ADH, e direcionado a dois aspectos da vida humana: saúde e educação. Elencamos o alfabetismo do responsável como variável indispensável por conta da sua interação direta com a fragilidade na qual se encontra o domicílio analisado.

A Combinação Linear Ponderada (WLC) citada anteriormente, será aplicada com base nos dados do Censo 2010 para todos os parâmetros supracitados, permitindo assim, que encontremos o grau de fragilidade de cada setor censitário do município de Teresópolis.

Todos os mapas produzidos a seguir, relativos aos aspectos sociais dos setores censitários, utilizaram como base a operação de álgebra de mapas baseada na lógica local de fatiamento de classes, onde obtém-se um campo temático a partir de um campo numérico (CORDEIRO et al., 2003).

A seguir, explicaremos detalhadamente como foi realizado o procedimento, e os resultados obtidos.

### 5.3.1 Renda

A renda é um coeficiente essencial para a análise de uma realidade social específica, ou ainda, como coloca Wilches-Chaux (1993, p. 27, tradução nossa), acerca da vulnerabilidade econômica, *“talvez o eixo mais significativo da vulnerabilidade global”*. No que concerne aos fatores que caracterizam a vulnerabilidade social, a renda é capaz de influenciar diretamente a exposição ao risco, a capacidade de resposta e o grau de adaptação de um grupo ou população.

Além disso, a vulnerabilidade econômica está diretamente ligada ao desemprego, à renda insuficiente e à dificuldade de acesso à educação formal, lazer e serviços de saúde, por exemplo (WILCHES-CHAUX, 1993).

Reiterando isso, Padoin e Virgolin (2010) colocam que, mesmo a renda apresentando-se como indicador único, suas atribuições são heterogêneas e

geram redes com outros fatores como violência, enfermidades, desemprego, melhor ou pior acesso à infraestrutura, dentre outros.

Para o Censo 2010, o IBGE nos apresenta dez classes distintas de rendimento nominal mensal dos domicílios particulares permanentes. Ou seja, o valor da renda de cada domicílio é obtido através da soma dos rendimentos dos moradores e, posteriormente, dividido pelo número de habitantes do domicílio.

No caso da análise dos dados censitários, o IBGE dividiu o número ou a parte correspondente ao salário mínimo em classes. Lembrando que, no ano de 2010, o valor do salário mínimo brasileiro era de 510 reais. A seguir, separamos as variáveis a serem utilizadas no cálculo do indicador renda:

QUADRO 11: Variáveis referentes à renda do domicílio, seus respectivos valores (2010) e pesos

Variáveis	Descrição das variáveis	Valor da renda (2010)	Pesos das variáveis
v005	Domicílios com renda de até 1/8 de salário mínimo	Até R\$ 63,75	x250
v006	Domicílios com renda de mais de 1/8 até 1/4 de salário mínimo	Mais de R\$ 63,75 até R\$ 127,50	x200
v007	Domicílios com renda de mais de 1/4 até 1/2 salário mínimo	Mais de R\$ 127,50 até R\$ 255,00	x180
v008	Domicílios com renda de mais de 1/2 até 1 salário mínimo	Mais de R\$ 255,00 até R\$ 510,00	x150
v009	Domicílios com renda de mais de 1 até 2 salários mínimos	Mais de R\$ 510,00 até R\$ 1.020,00	x90
v010	Domicílios com renda de mais de 2 até 3 salários mínimos	Mais de R\$ 1.020,00 até R\$ 1.530,00	x50
v011	Domicílios com renda de mais de 3 até 5 salários mínimos	Mais de R\$ 1.530,00 até R\$ 2.550,00	x30
v012	Domicílios com renda de mais de 5 até 10 salários mínimos	Mais de R\$ 2.550,00 até R\$ 5.100,00	x10
v013	Domicílios com renda de mais de 10 salários mínimos	Mais de R\$ 5.100,00	x10
v014	Domicílios sem renda	Nenhum rendimento	x255

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010



Importante reiterar que, as variáveis supracitadas apresentam apenas a quantidade de domicílios do setor censitário que recebem determinado valor, e não o valor em si.

Katzman (1999) caracteriza a vulnerabilidade social como uma ausência de ativos capazes de enfrentar riscos. No caso da renda, entendemos que quanto menor os rendimentos, menores os ativos com os quais o grupo ou indivíduo podem contar, logo, maior a sua vulnerabilidade.

De acordo com IBGE (2010), famílias que têm renda de até R\$ 70,00 (até 1/8 de salário mínimo) encontram-se na linha de extrema pobreza. Aquelas que recebem até R\$ 120,00 (1/4 de salário mínimo) são consideradas pobres e aquelas que recebem até meio salário mínimo são adequadas para serem contempladas por programas sociais (como o Bolsa Família, por exemplo). Assim, atribuímos os maiores pesos às classes de pobreza e extrema pobreza, visando ampliar a análise sobre os setores com menor renda e, conseqüentemente, mais vulneráveis.

A equação a seguir, nos dá o valor da vulnerabilidade relativa à renda para todos os setores censitários do município:

#### *Fragilidade\_Renda*

$$\begin{aligned} &= ((v005/n) * 250) + ((v006/n) * 200) + ((v007/n) * 180) \\ &+ ((v008/n) * 150) + ((v009/n) * 90)) + ((v0010/n) * 50) \\ &+ ((v011/n) * 30) + ((v012/n) * 10) + ((v013/n) * 10) \\ &+ ((v014/n) * 255) \end{aligned}$$

Após a aplicação da equação supracitada, a vulnerabilidade mínima encontrada foi no valor de 40,92, no setor censitário localizado no bairro de Albuquerque, nas proximidades da RJ-130 (Teresópolis-Friburgo). Já a vulnerabilidade máxima apresentada foi de 250,53, no setor censitário rural, localizado no Vale do Bonsucesso. O mapa da figura 42 apresenta a localidade do setor censitário de ambos:

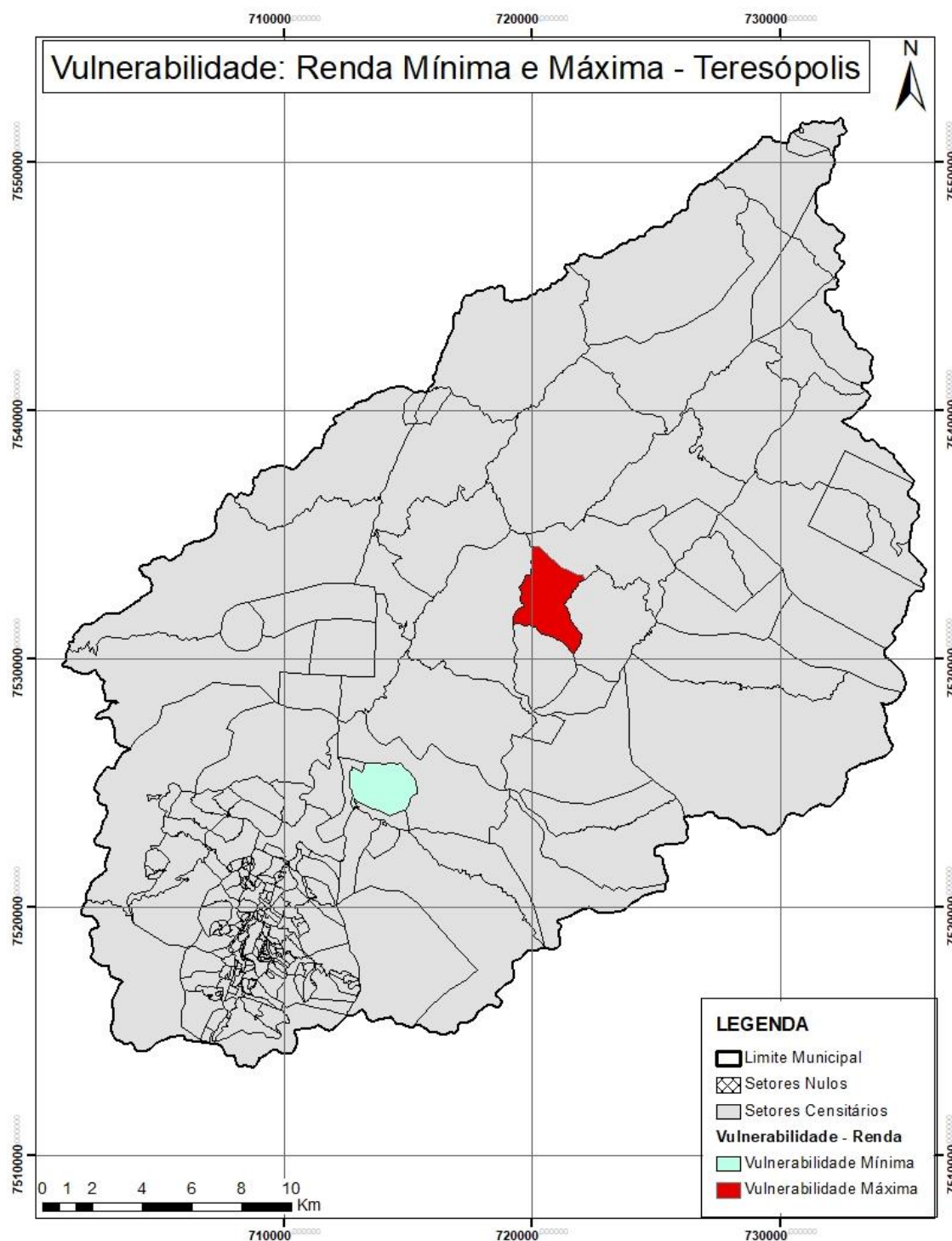


Figura 42: Mapa de vulnerabilidade de renda mínima e máxima - Teresópolis  
 Fonte: Própria autora, 2018

Seguidamente, reagrupamos todos os valores de vulnerabilidade obtidos através da aplicação da equação em cinco classes. Os índices de vulnerabilidade foram segmentados de acordo com os seguintes valores:

TABELA 8: Limites das classes de fragilidade - Renda

Classe de fragilidade	Limites
Muito baixa	40,92 – 121,03
Baixa	121,04 – 162,31

Média	162,32 – 192,61
Alta	192,62 – 220,17
Muito alta	220,18 – 250,53

Fonte: Própria autora, 2018

Segundo os nossos resultados, o município de Teresópolis apresenta muitos setores classificados em vulnerabilidade “alta” e “muito alta”, como fica claro na figura 43 do mapa a seguir:

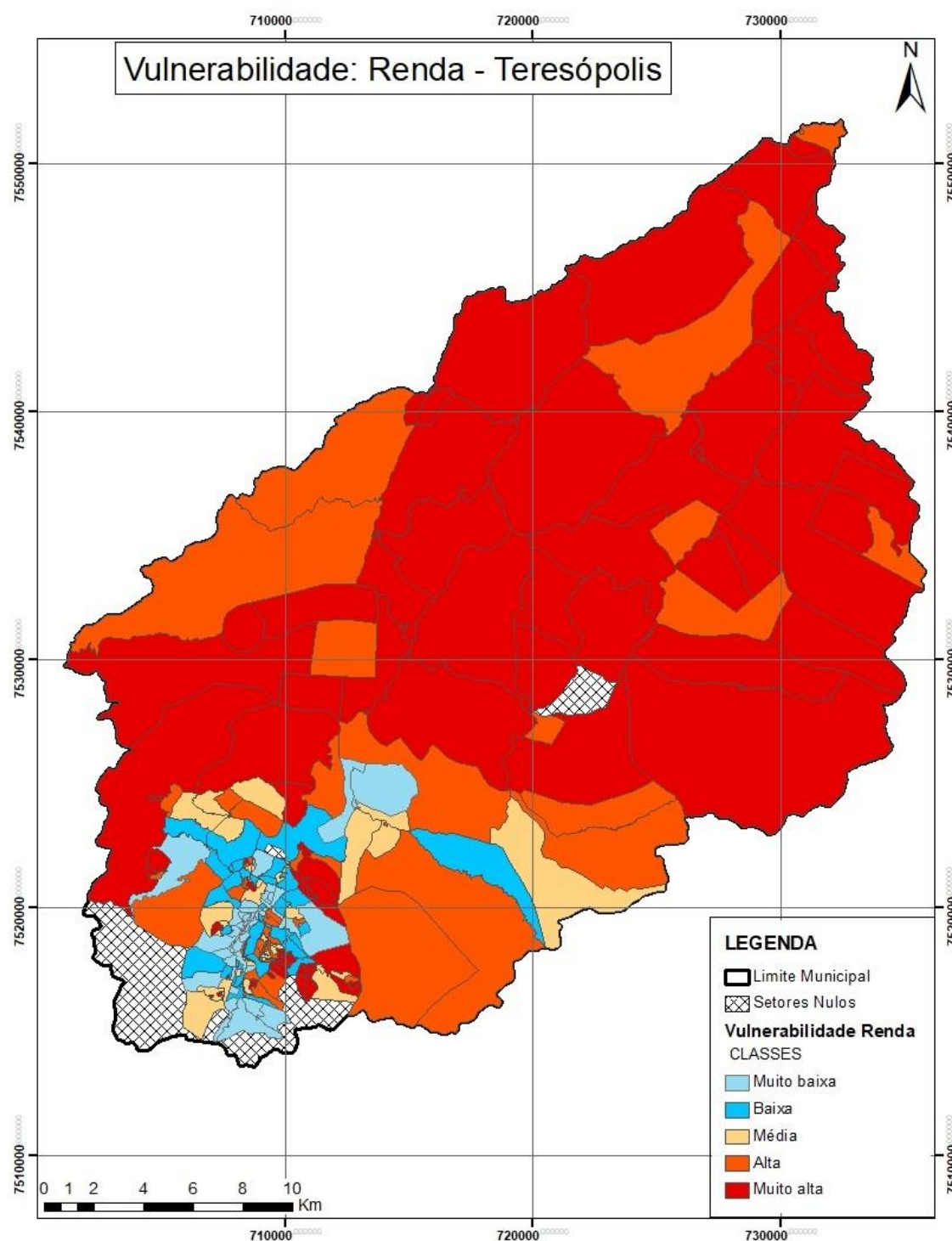


Figura 43: Mapa de vulnerabilidade de renda - Teresópolis  
Fonte: Própria autora, 2018

Reiteramos que a vulnerabilidade é inversamente proporcional ao nível de renda, logo quanto mais alta é a vulnerabilidade, menor é a renda dos domicílios que compõem o setor.

De acordo com a nossa avaliação, os setores que apresentaram vulnerabilidades mais altas são aqueles cuja localização consiste em zonas periurbanas ou rurais. Já os setores que detiveram menor índice de vulnerabilidade foram aqueles localizados na região central, e/ou no distrito de Teresópolis.

É importante salientar também, que um total de 4 setores dos 233 continham valor nulo em seus dados originais relativos à renda. Isso provavelmente se dá, por alguma inconsistência na aquisição ou levantamento dos dados censitários. Assim, não foi possível contabilizar vulnerabilidade desses setores, portanto, encontram-se nulos também no mapa.

Dos 229 setores contabilizados, 72 foram classificados em ‘vulnerabilidade muito alta’ e 50 em ‘vulnerabilidade alta’. Isso quer dizer que mais da metade do município (53,27%) apresenta taxas altas ou muito altas de vulnerabilidade em relação à renda da população. A tabela 9 demonstra a porcentagem de cada classe de vulnerabilidade em relação à renda, para os setores censitários do município de Teresópolis:

TABELA 9: Quantidade de setores por classe de fragilidade em relação à renda

Classe de fragilidade	Nº de setores	% dos setores
Muito baixa	43	18,77%
Baixa	34	14,84%
Média	30	13,10%
Alta	50	21,83%
Muito alta	72	31,44%
TOTAL	229	100%

Fonte: Própria autora, 2018

Somadas, as classes baixa e muito baixa resultam em 33,61% dos setores contabilizados. Isso significa que 77 setores do total de 229 apresentam renda alta ou muito alta. Ainda que esse número seja bem inferior aos de vulnerabilidade alta e muito alta (122 setores), podemos inferir que exista certa disparidade econômica entre os núcleos populacionais do município.

### 5.3.2 Quantidade de moradores

Uma das variáveis selecionadas que apresenta maior relevância para o cálculo da vulnerabilidade social é a quantidade de moradores por setor censitário. Entendemos que setores mais populosos são também mais vulneráveis, visto que, caso algum risco se apresente, mais pessoas serão afetadas pelo evento em

questão. Proporcionalmente, quanto mais pessoas afetadas, maiores as chances de perdas, sejam elas humanas ou econômicas.

Se “o risco é sempre um objeto social” (DAGNINO e JUNIOR, 2007, p. 61), a associação direta entre a quantidade de moradores e o grau de vulnerabilidade da área não só é lógica, como também se faz necessária.

No caso específico desse indicador, mostrou-se fundamental a utilização da média aritmética. Desse modo, foi possível estabelecer limites de classes acerca do número de moradores de cada setor censitário, bem como atribuir os pesos adequados a cada classe.

O primeiro passo foi buscar os setores censitários com o menor e o maior número de moradores. O setor censitário municipal com menos moradores, configurava apenas 17 pessoas, enquanto o com maior número possuía 3.833 moradores. Objetivando agrupar todos os setores contidos entre esses dois valores em dez classes, utilizou-se a seguinte equação:

$$(\text{"Intervalo entre classes"} = (N^{\circ} \text{ mín moradores} + N^{\circ} \text{ max moradores}) / (N^{\circ} \text{ de classes}))$$

Após a substituição dos valores apresentados na planilha, obtivemos a equação a seguir:

$$\text{Intervalo entre as classes} = \frac{17 + 3833}{10}$$

Optou-se pelo agrupamento em dez classes, pois assim a variância entre os pesos atribuídos posteriormente será mais adequada à variedade de classes onde os setores estão contidos, de acordo com seu número de moradores. O valor resultante em 385 torna-se o limite entre as segmentações, configurando os seguintes pesos para cada uma das dez classes:

TABELA 10: Limites das classes de acordo com o número de moradores e seus respectivos pesos

Limite de classes – Nº de moradores	Peso
1 a 385	x10
386 a 770	x30
771 a 1155	x80
1156 a 1540	x110
1541 a 1925	x150
1926 a 2310	x170
2311 a 2695	x190
2696 a 3080	x200
3081 a 3465	x220
3466 a 3850	x255

Fonte: Própria autora, 2018

Novamente, utilizou-se como base para os pesos os valores da lógica *fuzzy*, expressos entre 10 e 255. Além disso, como dito anteriormente, se há mais

moradores em certos setores censitários, a tendência é que a fragilidade seja maior nessas áreas. Assim, atribuímos os maiores pesos aos setores com maior número de pessoas.

Para obter o grau de fragilidade de cada setor, atribuímos o peso referente à sua respectiva classe relativa à quantidade de moradores e, posteriormente, dividimos esse valor pelo total de domicílios particulares permanentes do setor censitário. A equação utilizada para obter o valor da fragilidade relativa à quantidade de moradores de cada setor censitário é a seguinte:

$$\text{Fragilidade} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de moradores}}{\text{N}^{\circ} \text{ de domicílios}} \times \text{peso relativo à cada classe}$$

No mapa a seguir, em detalhe, podemos observar a localização dos dois setores supracitados:



Figura 44: Mapa dos setores censitários com mínimo e máximo de moradores  
 Fonte: Própria autora, 2018

Objetivando produzir o mapa de vulnerabilidade em relação à quantidade de moradores, aplicamos a equação referente à fragilidade para todos os setores censitários do município. Posteriormente, agrupamos os valores resultantes nas cinco categorias de fragilidade demonstradas na tabela 11:

TABELA 11: Limites das classes de fragilidade – Quantidade de moradores

<b>Classe de fragilidade</b>	<b>Limites</b>
Muito baixa	16,75 - 42,50
Baixa	42,51 - 83,02
Média	83,03 - 134,51
Alta	134,52 - 395,56
Muito alta	395,57 - 964,87

Fonte: Própria autora, 2018

A partir da classificação supracitada, foi possível produzir o mapa de vulnerabilidade em relação à quantidade de moradores de cada setor censitário do município de Teresópolis. Na figura 45 é possível observar essa classificação:



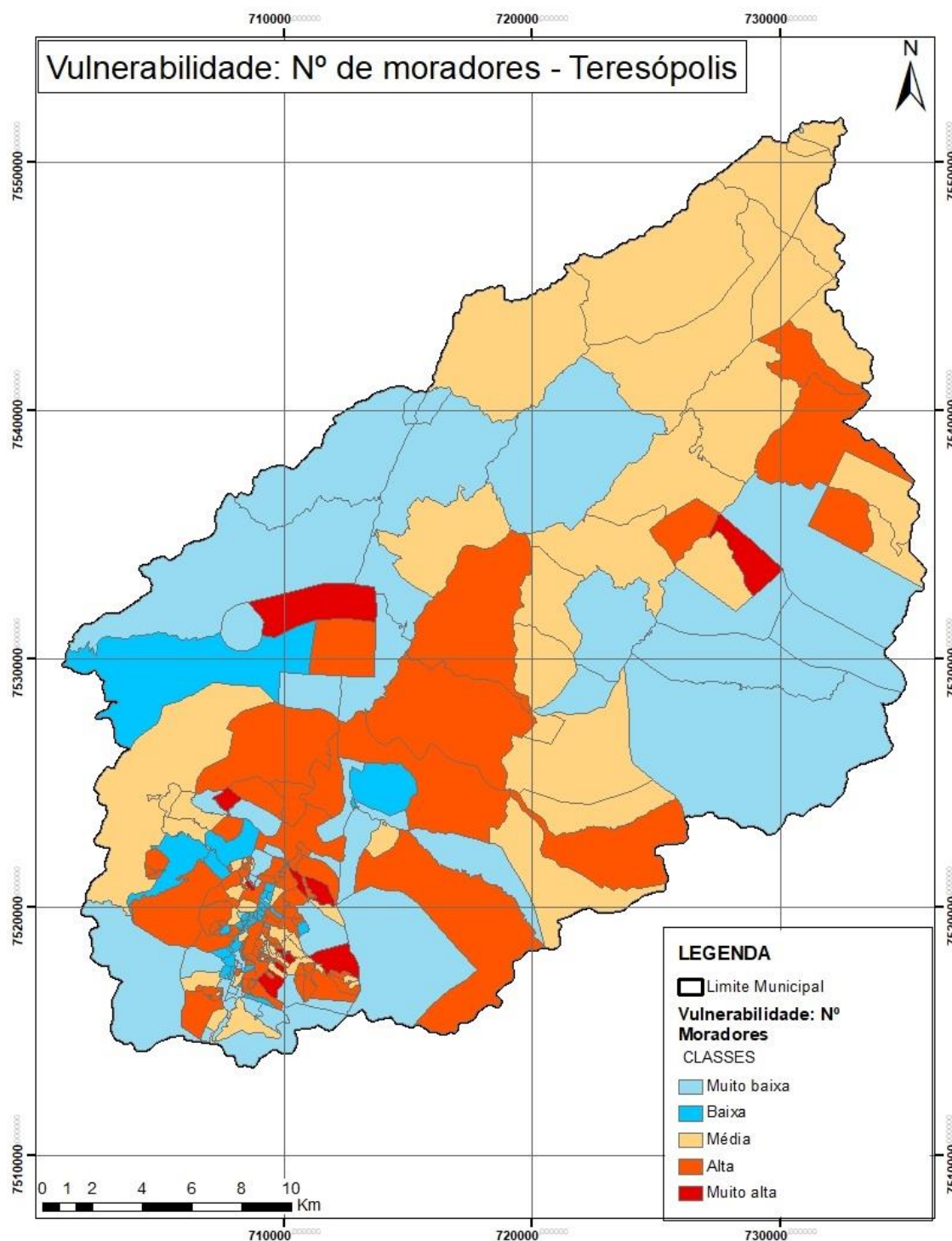


Figura 45: Mapa de vulnerabilidade em relação ao número de moradores  
 Fonte: Própria autora, 2018

Podemos observar que os setores censitários com maior número de moradores são aqueles localizados em núcleos urbanos. As áreas a nordeste e noroeste do município caracterizam-se por setores de maior vazio ocupacional. Para efeito comparativo, a figura a seguir ilustra o zoneamento das áreas urbanas e rurais, bem como os limites de cada distrito municipal:

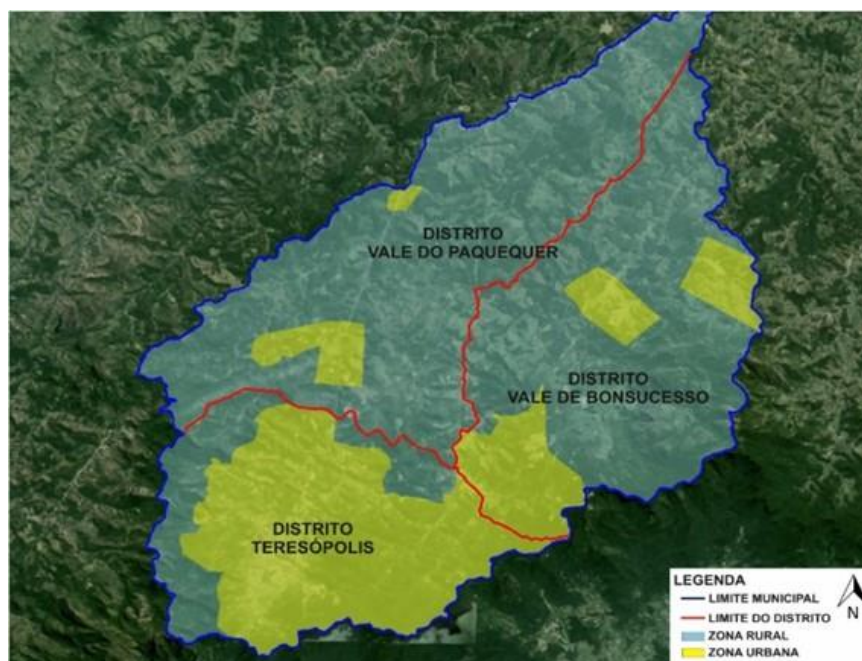


Figura 46: Demarcação das áreas urbanas de Teresópolis  
Fonte: Teresópolis, 2014

Comparativamente é possível observar uma semelhança entre o mapa de vulnerabilidade com base no número de moradores, e a figura 46, com os limites das zonas rurais e urbanas de Teresópolis.

A partir do agrupamento dos valores em classes, é possível traçar um panorama mais aprofundado do município, no que diz respeito à sua quantidade de moradores. A tabela 12 estabelece a porcentagem de cada classe de vulnerabilidade na composição do município:

TABELA 12: Quantidade de setores por classes de fragilidade em quantidade de moradores

Classes de fragilidade	Nº de setores	% de setores do município
Muito baixa	53	22,74%
Baixa	30	12,87%
Média	64	27,46%
Alta	75	32,18%
Muito alta	11	4,72%
<b>Total</b>	<b>233</b>	<b>100%</b>

Fonte: Própria autora, 2018

Como é possível observar, a classe que apresenta maior porcentagem de áreas no município é a alta, com 32,18%, o que corresponde a um total de 75 setores. Já a classe com menor porcentagem é a muito alta, com 4,72%, condizendo a apenas 11 setores censitários, de um total de 233. A segunda classe mais alta é a média, resultando em 27,46% do território, correspondente a 64 setores.

Somadas, as classes média e alta são responsáveis por um total de 139 setores censitários, o que corresponde a 59,64% do território municipal. Com base

nisso, pode-se propor então, que o município de Teresópolis apresenta uma vulnerabilidade classificada como média-alta em termos de quantidade de moradores por setor censitário.

### **5.3.3 Infraestrutura dos domicílios**

As variáveis relativas às características gerais dos domicílios permitem-nos a análise da infraestrutura presente nos setores censitários. Nesse indicador, foram selecionados os seguintes quesitos gerais: condição do domicílio, abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e distribuição de energia elétrica.

A condição do domicílio diz respeito à sua forma de ocupação, ou seja, se o imóvel é próprio quitado, alugado, próprio em aquisição, se é cedido por empregador, dentre outros. Isso nos permite ter a ideia acerca das condições socioeconômicas dos habitantes.

Já o abastecimento de água, esgotamento sanitário e a coleta de lixo, fazem parte do saneamento básico de cada região; e a energia elétrica condiciona o desenvolvimento de uma localidade específica, ou mesmo de um país.

A seguir, realizaremos a manipulação dos dados separadamente em cada um dos cinco quesitos citados para que, posteriormente, possamos unir os resultados da fragilidade de cada um deles num único parâmetro: a fragilidade da infraestrutura.

#### **5.3.3.1 Condição de ocupação do domicílio**

Na análise da vulnerabilidade social é importante também analisar a condição de ocupação no domicílio. Justificamos a seleção dessas variáveis por conta de sua integração com aspectos sociais e econômicos da população, que se combinam diretamente com a vulnerabilidade social. Como exemplifica Moraes (2002), a demanda por habitação é determinada por diversos aspectos, como por exemplo:

[...] fatores demográficos (idade, taxa de urbanização, taxa de formação de novas famílias, etc.), pelas condições macroeconômicas que afetam os rendimentos das famílias (taxa de juros, emprego, etc.), pela disponibilidade de crédito para habitação e pela política tributária do governo. A oferta é condicionada, entre outros fatores, pela disponibilidade de terras para uso residencial, materiais de construção e infra-estrutura (p.110).

Para tanto, as classes utilizadas são as seguintes:

Quadro 12: Variáveis referentes à tipologia dos domicílios segundo a definição do IBGE e seus respectivos pesos

Variáveis	Descrição das variáveis	Definição do IBGE	Pesos das Variáveis
v006	Domicílio particular permanente próprio quitado	Domicílio de propriedade total ou parcial, de um ou mais moradores, e integralmente pago	x10
v007	Domicílio particular permanente próprio em aquisição	Domicílio de propriedade total ou parcial, de um ou mais moradores, e parcialmente pago	x30
v008	Domicílio particular permanente alugado	Domicílio alugado e o aluguel pago por um ou mais moradores. Além disso, considerou-se também o domicílio onde parte do aluguel era pago pelo empregador	x100
v009	Domicílio particular permanente cedido por empregador	Domicílio cedido por empregador, público ou privado, ainda que mediante a cobrança de uma taxa de manutenção ou ocupação	x150
v010	Domicílio particular permanente cedido de outra forma	Domicílio cedido gratuitamente por pessoa que não era moradora ou por instituição que não era empregadora de algum dos moradores	x255
v011	Domicílio particular permanente em outra condição	Domicílio ocupado de formas diferentes das anteriormente citadas. Por exemplo: unidades não residenciais, domicílio em estabelecimento agropecuário arrendado, dentre outros.	x255

Fonte: Adaptado de IBGE, 2011

A construção desses pesos justifica-se devido à dificuldade apresentada para boa parte da população brasileira ao tentar adquirir, financiar ou alugar um imóvel através do mercado formal. Como coloca Moraes (2002), além da burocracia enfrentada, o principal fator que dificulta esse acesso são os altos valores das moradias, diametralmente opostos à renda de muitos brasileiros.

Levando em conta as determinantes citadas, entendemos que os domicílios nos quais os moradores ou responsáveis já tenham quitado o pagamento do imóvel, tendam a uma fragilidade social menor. Infere-se que, o poder aquisitivo de determinada unidade familiar que seja suficiente para a aquisição de um imóvel

também tenda a disponibilizar a esse núcleo de pessoas certa estabilidade econômica e social. Com base nisso, buscou-se atribuir o menor peso a essa variável, pois quanto maior a estabilidade e equilíbrios socioeconômicos, menor é a fragilidade nesse mesmo âmbito.

Já as pessoas que estão em processo de aquisição de um imóvel próprio, também se encontram numa classe com certa estabilidade econômica e social. Porém, o peso atribuído a esse tipo de ocupação domiciliar será um pouco maior, pois entendemos que um imóvel em processo de aquisição não configura a mesma realidade de um imóvel já adquirido.

Em relação aos domicílios alugados, a fragilidade da unidade familiar dá um pequeno salto em relação aos dois tipos anteriores. O poder aquisitivo de uma unidade familiar que vive num imóvel alugado dificilmente corresponderá ao mesmo padrão de renda de pessoas que moram num domicílio próprio. Além da questão da renda, existe certa inconstância em se viver em imóveis alugados. Logo, por uma questão econômica e social, entendemos que o peso da fragilidade dessa variável precisa ser bem maior do que dos anteriores.

Os domicílios cedidos por empregador ou de outra forma configuram um arranjo de relação social ainda mais complexo, inconstante e, muitas vezes, difícil de ser rastreado. Por esse motivo, entendemos que a fragilidade social contida nas famílias que realizam esse tipo de arranjo é ainda maior do que aquelas que vivem em domicílios alugados.

Pelos resultados contidos na variável “domicílios em outra condição” apresentarem variadas formas de arranjos sociais, dificultando algum tipo de análise mais aprofundada, consideramos atribuir o peso mais alto para essas condições de ocupação.

Após a seleção das variáveis, aplicamos a equação a seguir, referente à fragilidade em relação à tipologia dos domicílios:

*Fragilidade\_Dom*

$$= ((v006/n) * 10) + ((v007/n * 30) + ((v008/n) * 100) \\ + (v009/n) * 200) + ((v010/n) * 255) + ((v011/n) * 255)$$

Posteriormente, agrupamos em cinco classes os valores obtidos através da aplicação da equação supracitada, apresentam-se os seguintes limites:

TABELA 13: Limites das classes de fragilidade – Tipologia dos domicílios

Classes de fragilidade	Limites
Muito baixa	10,00 – 35,82
Baixa	35,83 – 53,31
Média	53,32 – 74,90

<b>Alta</b>	74,91 – 107,71
<b>Muito alta</b>	107,72 – 178,854

Fonte: Própria autora, 2018

O menor valor de fragilidade encontrado foi 10,00, num setor censitário localizado no distrito rural do Vale do Bonsucesso. Dos 213 domicílios registrados na pesquisa censitário, todos eram próprios quitados. Já o setor que apresentou maior fragilidade relativa à tipologia do domicílio (178,54), também se localiza no distrito do Vale do Bonsucesso. Nesse caso, dos 48 domicílios contabilizados, apenas 6 eram próprios quitados; 40 eram cedidos por empregador; e outros 2 eram cedidos de outra forma.

Importante lembrar que a análise do fator referente à ocupação dos domicílios não se refere aos imóveis em si, mas sim às condições socioeconômicas às quais as famílias ou morador responsável estão submetidos. O mapa da figura 47 apresenta a classificação por nós realizada:

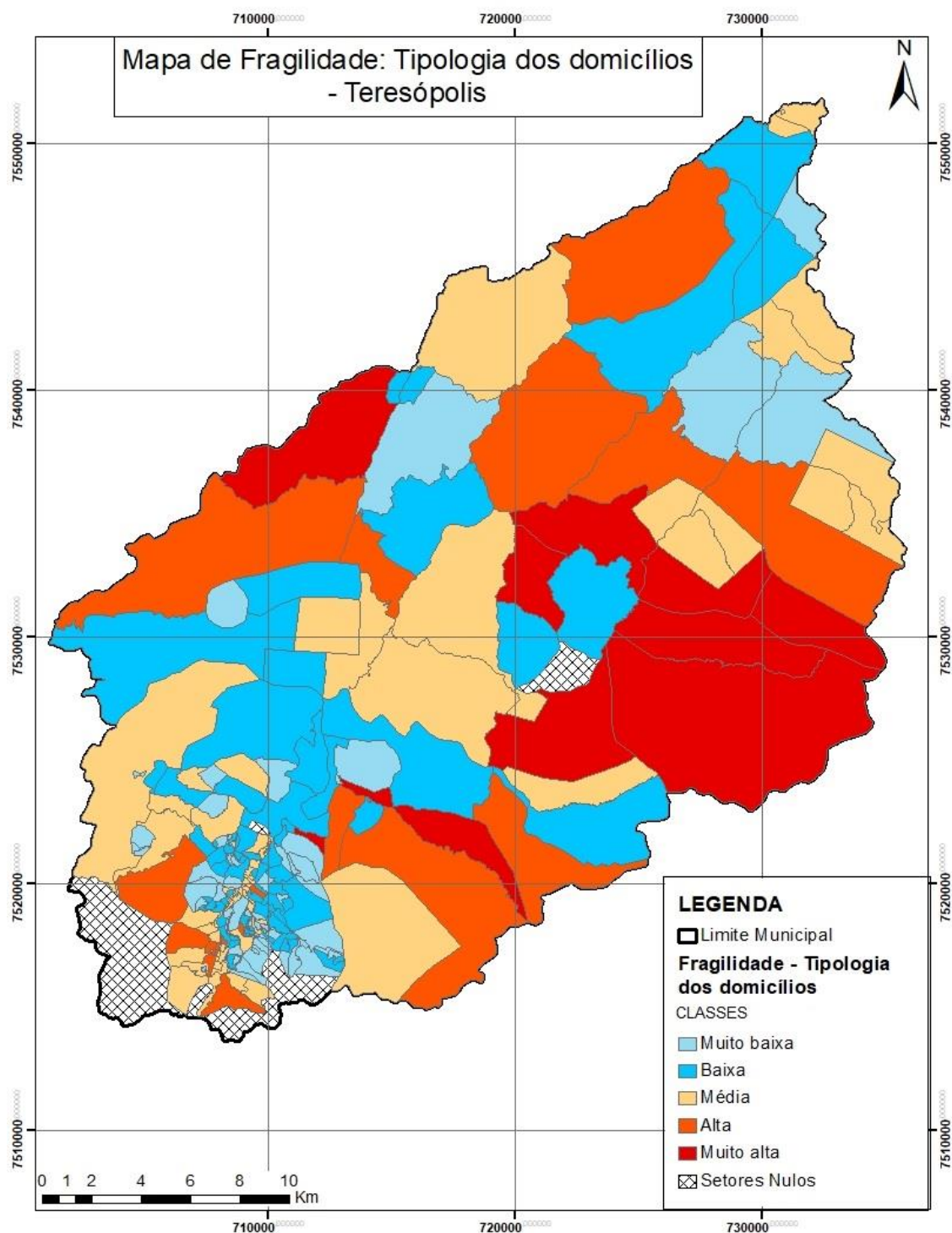


Figura 47: Mapa de fragilidade em relação à tipologia dos domicílios  
 Fonte: Própria autora, 2018

Visualmente, a fragilidade em relação à tipologia dos domicílios apresenta grande heterogeneidade de classes nos setores analisados. De acordo com a manipulação dos dados realizada no município, obtivemos os seguintes números:



TABELA 14: Quantidade de setores por classe de fragilidade em tipologia de domicílios

Classe de fragilidade	Nº de setores	% de setores do município
Muito baixa	63	27,51%
Baixa	73	31,87%
Média	64	27,94%
Alta	18	7,86%
Muito alta	11	4,80%
Total	229	100%

Fonte: Própria autora, 2018

Mais da metade dos setores do município concentram-se nas classes ‘muito baixa’ e ‘baixa’, totalizando 59,38%. Em contrapartida, as classes ‘alta’ e ‘muito alta’ representam uma pequena parcela, somente 12,66%, que é ainda menor do que o total de setores contidos na classe média (27,94%).

Analisando numericamente somente os domicílios do município, fica ainda mais explícito a expressão e relevância dos domicílios próprios quitados. De um total de 53.610 domicílios, 70,71% eram próprios e já quitados. Em segundo lugar, aparecem os domicílios alugados, com o percentual de 17,08%. No gráfico da figura 48 explicitamos a porcentagem de todas as variáveis investigadas:



Figura 48: Gráfico de tipologia dos domicílios

Fonte: Própria autora, 2018

As variáveis analisadas referentes a: domicílios cedidos por empregador, cedidos de outra forma e domicílios em aquisição apresentaram percentual pequeno em relação ao total de domicílios do município. Já a variável relativa aos domicílios em outra condição apresentou percentual baixíssimo de 0,22% e, por isso, não aparece discriminada no gráfico da figura 48.



### 5.3.3.2 Abastecimento de água

Sabe-se que a existência ou não de um sistema de saneamento básico satisfatório está diretamente ligada à qualidade de vida e aos índices de desenvolvimento humano e sanitário de uma população. Nesse sentido, Libânio et al. (2005) colocam:

A existência ou não de ações de saneamento ambiental, exercidas em caráter preventivo ou remediador, bem como a forma e adequação de sua prática realidade social e econômica, acabam por dizer muito mais a respeito do desenvolvimento humano que a própria potencialidade do meio natural (p. 223).

Assim, entende-se que o acesso à água tratada, rede de esgoto e coleta de lixo não está ligado somente à problemática ambiental, mas também podem nos dizer muito acerca da realidade social presente.

Além disso, o abastecimento de água e o esgotamento sanitário apresentam diversas dificuldades, principalmente por conta da insuficiência de investimentos e da baixa eficiência operacional. Esses fatores repercutem diretamente nos índices de atendimento e qualidade do serviço (JUNIOR et al., 2009).

No que concerne ao Brasil e boa parte dos países da América Latina, Andreazzi et al. (2007) fazem uma importante consideração ao dizerem que:

A população urbana vem adquirindo acesso à água através da expansão precária, acima da capacidade das redes de abastecimento, sem que, por outro lado, sejam promovidos a coleta e o tratamento de esgoto e lixo (p.213).

O quadro a seguir demonstra as variáveis censitárias e seus respectivos pesos:

Quadro 12: Variáveis censitárias de abastecimento de água

Variáveis do Censo	Descrição das variáveis	Peso atribuído
<b>v012</b>	Domicílios com abastecimento de água de rede geral	x10
<b>v013</b>	Domicílios com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade	x100
<b>v014</b>	Domicílios com abastecimento de água da chuva armazenada em cisterna	x150
<b>v015</b>	Domicílios com outra forma de abastecimento de água	x255

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010

O peso mínimo (x10) será sempre para os domicílios atendidos pela rede de cobertura de serviços públicos. Nesse caso, as habitações que recebem água de rede geral, ou seja, a variável v012. Na variável v013, o peso aumenta para x100 pois, ainda que ele não careça de água, ela pode estar imprópria para o consumo, causando danos à população. O abastecimento através de água armazenada em cisterna (v014) configura uma vulnerabilidade um pouco maior (x150), pois além de não haver sistema de tratamento, esses habitantes também são diretamente dependentes da água da chuva. Já no caso da variável v015 (outra forma de abastecimento), o peso é o maior (x255) pois, além de não termos a capacidade de avaliar qual é a forma de abastecimento, sabemos que ela não corresponde à distribuição de rede geral.

Para se chegar ao valor da fragilidade relacionada ao abastecimento de água, foi aplicada, para todos os setores censitários, a seguinte equação:

*Fragilidade\_Água*

$$= ((v012/n) * 10) + ((v013/n) * 100) + ((v014/n) * 150) + ((v015/n) * 255)$$

Desse modo, foi possível obter o valor da fragilidade de abastecimento de água para os setores censitários municipais. Feito isso, agrupamos os valores em classes de importância, de acordo com os seguintes limites estipulados:

TABELA 15: Limites das classes de fragilidade – Abastecimento de água

Classes de fragilidade	Limites
Muito baixa	10,00 – 30,53
Baixa	30,54 – 71,88
Média	71,89 – 114,92
Alta	114,93 – 173,31
Muito alta	173,32 – 253,63

Fonte: Própria autora, 2018

Setores cuja fragilidade apresentada foi de 10, são aqueles em que todos os domicílios possuíam acesso ao abastecimento de água de rede geral. Um total de 33 setores apresentaram a fragilidade mínima. Já o valor de 253,63 apresentou-se como a fragilidade máxima do município. O setor referente ao valor máximo detinha 472 domicílios, dentre os quais, 469 possuíam abastecimento de água de outro tipo, enquanto apenas 2 estavam conectados à rede geral.

Assim como na análise de outras variáveis anteriormente citadas, 4 setores não possuíam dados. Logo, não foi possível realizar os seus diagnósticos. O mapa foi confeccionado então, com o total de 229, como demonstra o mapa da figura 49:

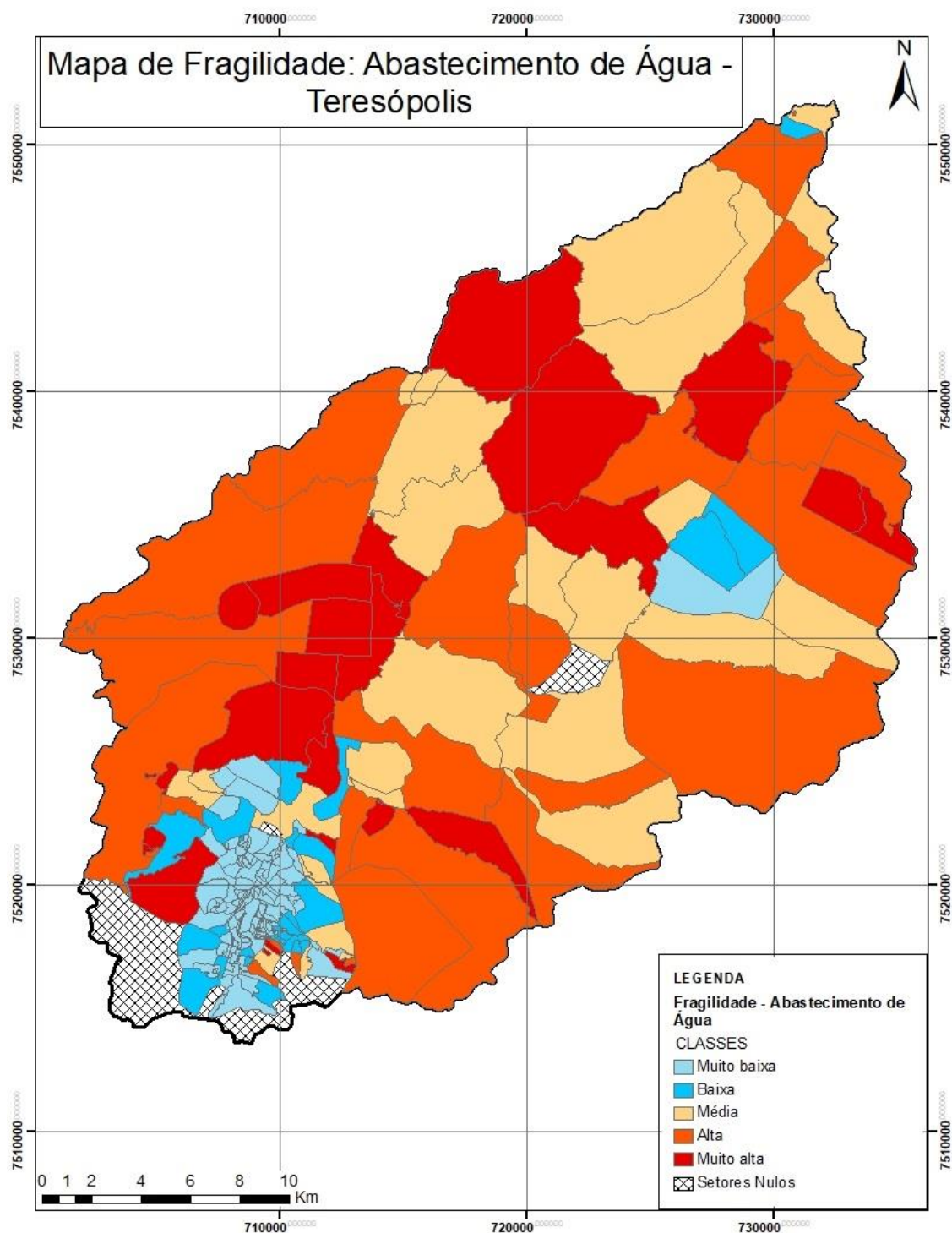


Figura 49: Mapa de fragilidade em relação ao abastecimento de água  
 Fonte: Própria autora, 2018

A manipulação dos dados censitários demonstrou que mais da metade dos setores censitários do município possuem fragilidade de muito baixa a baixa, ou seja, a quase totalidade de seus domicílios tem acesso ao abastecimento de água de rede geral. A tabela 16 demonstra a quantidade de setores determinada em cada classe:

TABELA 16: Quantidade de setores por classe de fragilidade em abastecimento de água

Classe de fragilidade	Nº de setores	% de setores do município
Muito baixa	119	51,96%
Baixa	26	11,35%
Média	30	13,10%
Alta	28	12,22%
Muito alta	26	11,35%
Total	229	100%

Fonte: Própria autora, 2018

As classes alta e muito alta totalizam 23,57% do total do município e a média apresenta pouco mais de 13%. De acordo com o IBGE (2010), a rede geral de distribuição é, de fato, a forma de abastecimento mais comum do município, seguida pelo abastecimento por água de poço ou nascente. A tabela 17 apresenta a divisão por distritos do abastecimento de água:

TABELA 17: Tipos de abastecimento de água por domicílio - Teresópolis

Distrito	Rede Geral de distribuição	Poço ou nascente	Outra forma de abastecimento
Teresópolis (sede)	36.573	2.618	5.800
Vale do Paquequer	335	1.994	1.398
Vale de Bonsucesso	881	2.755	1.428
Total:	37.789	7.367	8.626

Fonte: IBGE, 2010

Através dos números apresentados fica claro que a maior parte da população é atendida pela rede geral de distribuição. Em contrapartida, ainda há uma boa parcela dos domicílios, principalmente na zona rural, cuja forma de distribuição depende de outros fatores que não o atendimento pela infraestrutura pública.

É preciso levar em conta que os dados supracitados correspondem ao ano de 2010. No ano de 2018, a CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgoto) concluiu o assentamento da tubulação num trecho de mais de 2Km, permitindo assim o acesso da população dos bairros da Granja Florestal, Jardim Salaco e parte da Posse, ao abastecimento de água realizado por rede geral (TERESÓPOLIS, 2018). Isso proporcionará a amplitude do acesso ao abastecimento de água, beneficiando mais moradores e melhorando a infraestrutura local.

Simultaneamente, porém, de acordo com o Relatório Síntese do Plano de Saneamento Básico de Teresópolis (2015), não há forma de solucionar o problema de abastecimento da zona rural de forma coletiva. Isso se dá principalmente pela dispersão da população residente nesses locais. A resposta apresentada pelo Plano é *“através de soluções individuais sanitariamente corretas”* (p.107).

Segundo esse documento, isso se justifica porque o maior problema de abastecimento de água no município seria em relação à sua qualidade e não propriamente à sua disponibilidade hídrica.

### 5.3.3.3 Esgotamento sanitário

No que diz respeito ao esgotamento sanitário, a mesma lógica de atribuição de pesos para o abastecimento de água prevaleceu, como demonstra o quadro a seguir:

QUADRO 13: Variáveis censitárias de esgotamento sanitário

<b>v017</b>	Domicílio com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial	x10
<b>v018</b>	Domicílio com esgotamento sanitário via fossa séptica	x70
<b>v019</b>	Domicílio com esgotamento sanitário via fossa rudimentar	x100
<b>v020</b>	Domicílio com esgotamento sanitário via vala	X150
<b>v021</b>	Domicílio com esgotamento sanitário via rio, lago ou mar	x200
<b>v022</b>	Domicílio com esgotamento via outro escoadouro	x255
<b>v023</b>	Domicílio sem banheiro	x255

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010

Assim, consideramos o menor peso (x10) para os domicílios atendidos pela rede geral de esgoto. Entendemos que os moradores contemplados pela coleta de esgoto encontram-se em situação de menor vulnerabilidade social. Consideramos as variáveis discriminadas progressivamente piores em termos de vulnerabilidade, e, conseqüentemente, seus pesos são crescentes. Desse modo, o esgotamento sanitário por fossa rudimentar (x100) é considerado pior do que o por fossa séptica (x70), pois representa maior risco de saúde para os habitantes. Da mesma maneira, o esgoto jogado em rios ou lagos recebeu peso maior (x200), pois além de contribuir para a vulnerabilidade da população, também impacta diretamente no meio ambiente. Os domicílios com outro tipo de esgotamento, bem como os sem banheiro receberam o peso 255. No primeiro caso porque não foi possível discriminar quais tipos de esgotamento eram utilizados, e no segundo caso porque um domicílio sem banheiro apresenta extrema falta de infraestrutura e, conseqüentemente, maior vulnerabilidade social.

Para obter o valor da fragilidade em relação ao esgotamento sanitário, utilizou-se a seguinte equação:

### *Fragilidade Esgoto*

$$\begin{aligned}
 &= ((v017/n * 10) + ((v018/n) * 70) + ((v019/n) * 100) \\
 &+ ((v020/n) * 150) + (v021/n) * 200) + ((v022/n) * 255) \\
 &+ ((v023/n) * 255)
 \end{aligned}$$

Uma vez aplicada a equação para todos os setores censitários, é possível estabelecer o limite de classes de fragilidade, como demonstra a tabela 18:

TABELA 18: Limites das classes de fragilidade – Esgotamento sanitário

<b>Classes de fragilidades</b>	<b>Limites</b>
<b>Muito baixa</b>	10,00 – 28,51
<b>Baixa</b>	28,52 – 57,50
<b>Média</b>	57,51 – 92,11
<b>Alta</b>	92,12 – 139,34
<b>Muito alta</b>	139,35 – 200,00

Fonte: Própria autora, 2018

No que tange o esgotamento sanitário, apenas 5 setores do total de 229 possuíam todos os seus domicílios atendidos pela rede geral. Já o setor com maior fragilidade (200,00), possuía o esgotamento sanitário de todos os seus 182 domicílios despejado em rios ou demais corpos hídricos.

Através da manipulação das classes citadas, foi possível produzir o seguinte mapa:

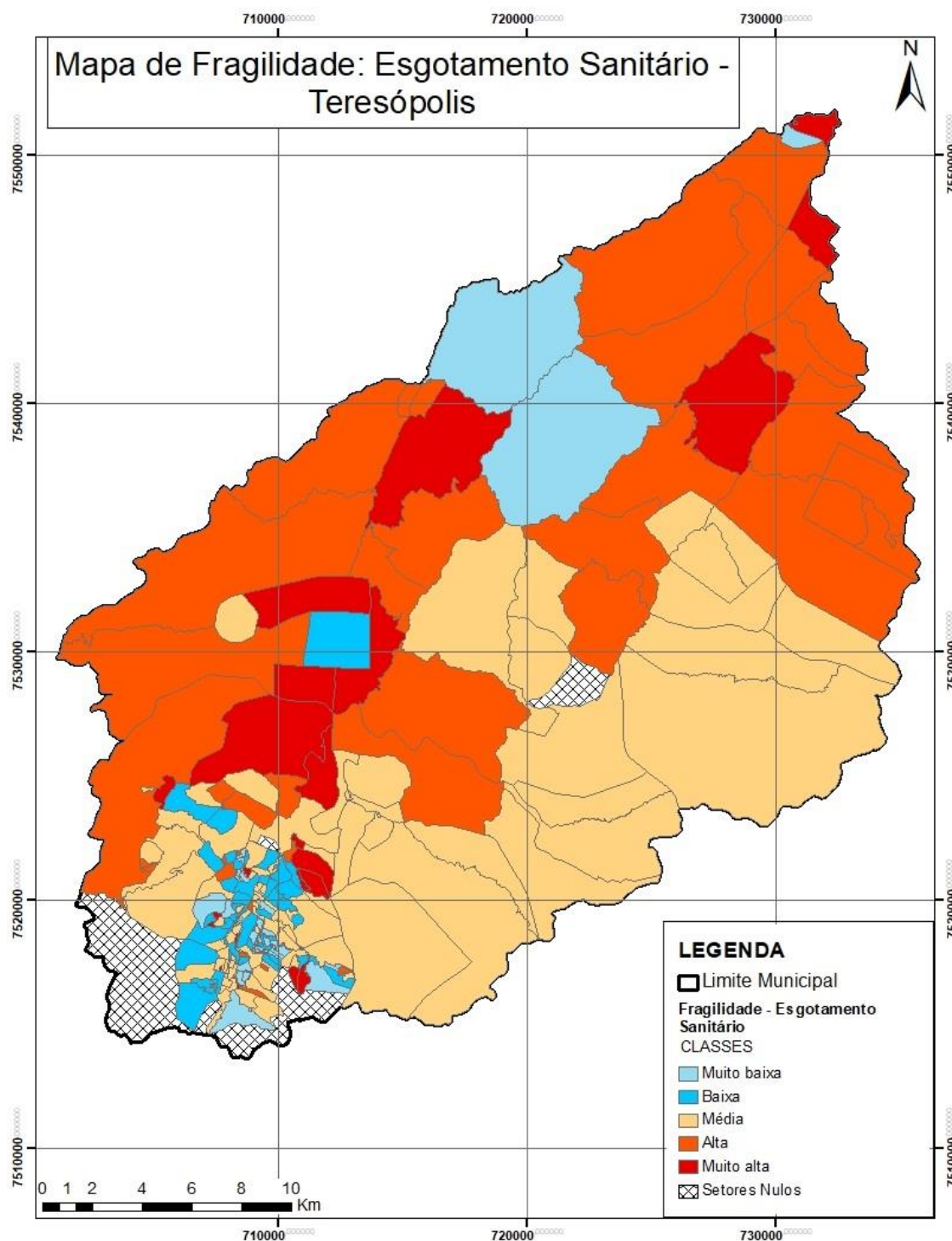


Figura 50: Mapa de fragilidade em relação ao esgotamento sanitário  
 Fonte: Própria autora, 2018

Em relação ao esgotamento sanitário, diferente do abastecimento de água, boa parte do município se encontra na classe de média fragilidade. Isso significa dizer que o despejo de dejetos na rede geral de esgoto ainda não atingiu a maioria dos setores censitários de Teresópolis. Na tabela 19 é possível investigar numericamente esses resultados:

TABELA 19: Quantidade de setores por classe de fragilidade em esgotamento sanitário

Classe de fragilidade	Nº de setores	% de setores do município
Muito baixa	37	16,15%
Baixa	47	20,52%
Média	85	37,11%
Alta	38	16,59%
Muito alta	22	9,60%
Total	229	100%

Fonte: Própria autora, 2018

Podemos constatar que as classes ‘baixa’ e ‘muito baixa’, mesmo somadas, não totalizam nem metade do total de setores municipais. Isso demonstra que a infraestrutura em termos de esgotamento sanitário do município não é suficiente para atender à população.

Em contrapartida, de acordo com a série histórica disponibilizada pelo Ministério das Cidades (2018), a população atendida pelos serviços de esgotamento sanitário tem aumentado nos últimos anos, como demonstra o gráfico da figura 51 a seguir:



Figura 51: Quantidade de pessoas atendida por esgotamento sanitário no município de Teresópolis (2010-2016)

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades, 2018

Segundo dados do Censo 2010, a população total de Teresópolis em 2010 consistia em 163.746 habitantes. As 30.650 pessoas atendidas pela rede de esgoto na época, representam somente 18,71% do total de habitantes. Mesmo com o aumento progressivo na quantidade de população atendida ao longo dos últimos anos, essa porcentagem ainda está muito aquém do necessário para compor de forma eficaz a infraestrutura do município.

De acordo com informações disponibilizadas pelo IBGE (2010), 67,2% do município apresenta esgotamento sanitário adequado. Importante salientar que, segundo o órgão, esgotamento adequado diz respeito à rede geral de esgoto e



fossas sépticas. Por esse motivo, a porcentagem encontrada de acordo com a nossa manipulação de dados é bem inferior à importância apresentada pelo Instituto.

Além disso, como demonstrado no mapa da figura 50, o município apresenta alta variabilidade no atendimento por rede geral, dependendo do distrito a ser investigado. A tabela 20 apresenta a quantidade de domicílios pelas classes principais de esgotamento sanitário nos três distritos de Teresópolis:

TABELA 20: Tipos de esgotamento sanitário por domicílios - Teresópolis

Distrito	Rede geral de esgoto	Fossa séptica	Outro	Sem banheiro
<b>Teresópolis</b>	17.932	15.713	11.310	36
<b>Vale do Paquequer</b>	480	765	2.480	2
<b>Vale de Bonsucesso</b>	259	2.106	2.697	2
<b>Total</b>	18.671	18.584	16.487	40

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010

O distrito sede de Teresópolis, por exemplo, apresenta maior quantidade de domicílios atendidos pela rede geral. Já no distrito do Vale de Bonsucesso, os domicílios com esgotamento sanitário por fossa séptica ou outro destino têm expressão muito superior aos domicílios ligados à rede geral.

A maior parte do esgoto municipal é despejado no rio Paquequer, e como não existe rede de coleta de esgotos no município, foi proposta a implantação de sistemas convencionais para áreas urbanas (TERESÓPOLIS, 2015).

#### 5.3.3.4 Coleta de lixo

A atribuição de pesos para as variáveis referentes ao destino do lixo segue a mesma lógica das variáveis citadas, como demonstra o quadro a seguir:

QUADRO 14: Variáveis censitárias de coleta de lixo

<b>v036</b>	Domicílio com lixo coletado por serviço de limpeza	x10
<b>v037</b>	Domicílio com lixo coletado em caçamba de serviço de limpeza	x30
<b>v038</b>	Domicílio com lixo queimado na propriedade	x150
<b>v039</b>	Domicílio com lixo enterrado na propriedade	x200
<b>v040</b>	Domicílio com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro	X230
<b>v041</b>	Domicílio com lixo jogado em rio, lago ou mar	x255

<b>v042</b>	Domicílio com outro destino do lixo	x255
-------------	-------------------------------------	------

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010

Domicílios com lixo coletado por serviço de limpeza receberão o menor peso (x10). Já os domicílios com lixo coletado em caçamba terão um pequeno aumento no peso (x30), pois ainda que o lixo seja coletado em caçamba, ele é recolhido pelo serviço de limpeza, apresentando assim destinação mais adequada.

No caso de domicílios com lixo queimado e enterrado na propriedade os seus pesos serão respectivamente (x150) e (x200). Apesar da queima do lixo ser extremamente prejudicial ao meio ambiente e à saúde da população do entorno, o enterro do lixo é ainda pior, pois polui o solo e aumenta o risco de contaminação do lençol freático. Além disso a queima também propicia a diminuição no tamanho dos resíduos, que no caso do enterro ficariam anos no solo.

Já o lixo jogado em terreno baldio tem grande capacidade de aumentar as pragas e infecções, pois encontra-se a céu aberto, colocando a população ao redor em situação de maior vulnerabilidade. Assim seu peso é (x230), maior do que os citados anteriormente. Os domicílios que destinam o lixo em rios, lagos ou mares recebem o maior peso (x255), pois geram contaminação imediata no local de despejo. Além disso, provocam impactos negativos a longo prazo para a população e o meio ambiente, podendo se expandir para áreas muito distantes do ponto inicial de despejo.

Por fim, os domicílios com outro destino de lixo não puderam sofrer efeito de comparação, por isso seu peso é o valor máximo (x255).

Com a aplicação dos pesos relativos às variáveis selecionadas, enumera-se a seguinte equação:

*Fragilidade\_Lixo*

$$\begin{aligned}
 &= ((v036/n) * 10) + ((v037/n) * 30) + ((v038/n) * 150) \\
 &+ ((v039/n) * 200) + ((v040/n) * 230) + ((v041/n) * 255) \\
 &+ ((v042/n) * 255)
 \end{aligned}$$

Uma vez aplicada a equação nos 229 setores censitários de Teresópolis, os agrupamos em cinco classes, com os seguintes limites:

TABELA 21: Limites das classes de fragilidade – coleta de lixo

<b>Classes de fragilidades</b>	<b>Limites</b>
<b>Muito baixa</b>	10 – 24,69
<b>Baixa</b>	24,70 – 90,00
<b>Média</b>	90,01 – 196,87
<b>Alta</b>	196,88 – 316,00
<b>Muito alta</b>	316,01 – 5211,11

Fonte: Própria autora, 2018

Feita a resolução dessas operações matemáticas, foi possível espacializar a classificação dos setores no município de Teresópolis, como mostra o mapa a seguir:

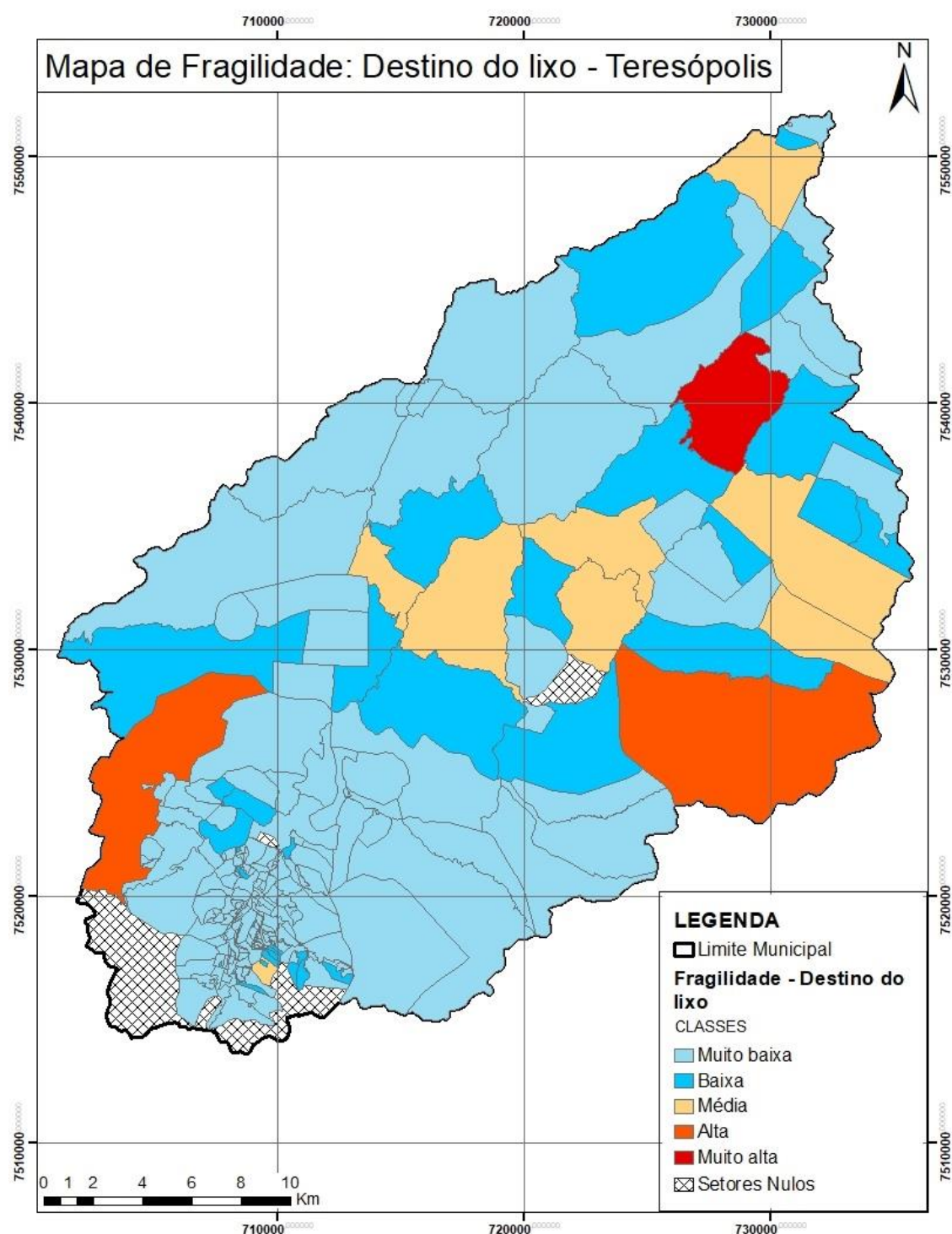


Figura 52: Mapa de fragilidade em relação ao destino do lixo  
Fonte: Própria autora, 2018

Diferentemente da resposta obtida através da análise dos outros atributos censitários da região (como renda e esgotamento sanitário, por exemplo), a maior parte do município apresenta fragilidade baixa em relação à coleta de lixo. Isso

significa dizer que a maioria dos setores censitários é atendida pelo serviço de limpeza.

Os resultados acerca da fragilidade encontrados espacialmente são reiterados pelas importâncias numéricas obtidas, como mostra a tabela 22:

TABELA 22: Quantidade de setores por classe de fragilidade em coleta de lixo

Classe de fragilidade	Nº de setores	% de setores do município
<b>Muito baixa</b>	182	79,47%
<b>Baixa</b>	36	15,72%
<b>Média</b>	8	3,49%
<b>Alta</b>	2	0,87%
<b>Muito alta</b>	1	0,43%
<b>Total</b>	229	100%

Fonte: Própria autora, 2018

O município apresenta 95,19% de seus setores nas classes 'baixa' e 'muito baixa' de fragilidade, demonstrando que a quase totalidade do território é atendida pela coleta de lixo de forma efetiva. Dentre esses números, um total de 63 setores (27,51%) apresentaram nível 10 de fragilidade, ou seja, todos os domicílios contidos neles possuíam coleta por serviço de limpeza.

Já o único setor classificado em fragilidade muito alta, localiza-se na zona rural do distrito de Vale de Bonsucesso. De um total de 213 domicílios estabelecidos dentro do setor, 202 deles apresentaram destino do lixo em terreno baldio, e apenas 9 foram contemplados pela coleta adequada.

É preciso destacar que, segundo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2018), o percentual de população atendida pelos serviços de coleta de lixo aumentou cerca de 10% no período entre 2011-2013. A tabela 23 exhibe a comparação entre os anos citados, e entre a média nacional:

TABELA 23: Percentual da população atendida pelo serviço de coleta de lixo domiciliar

Ano	Teresópolis - RJ	Média Nacional
<b>2013</b>	82,43%	74,64%
<b>2011</b>	72,41%	64,21%

Fonte: SNIS, 2018

De acordo com os percentuais supracitados, constata-se que houve aumento na quantidade de população atendida e que a porcentagem de pessoas atendidas pela coleta domiciliar é maior no município fluminense do que na média nacional.

Podemos arriscar a dedução de que, esse percentual continua em crescimento progressivo ao longo dos últimos anos e que, atualmente, a porcentagem de pessoas atendidas no município seja ainda maior. Nesse cenário hipotético, teríamos ainda menos setores classificados em fragilidades média, alta ou muito alta, no que concerne à coleta domiciliar de lixo.

### 5.3.3.5 Distribuição de energia elétrica

No que tange à energia elétrica, replicou-se a mesma lógica já citada em relação aos domicílios mais vulneráveis, como demonstra o quadro a seguir:

QUADRO 15: Variáveis censitárias de distribuição de energia elétrica

<b>v044</b>	Domicílios com energia elétrica de companhia distribuidora	x10
<b>v045</b>	Domicílios com energia elétrica de outras fontes	x255
<b>v046</b>	Domicílios sem energia elétrica	x255

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010

Nesse caso, domicílios sem energia elétrica, ou com energia que não fosse de distribuidora, receberam peso (x255). Domicílios que possuem energia elétrica de companhia distribuidora ganharam peso x10, pois entendemos que existe maior infraestrutura atendendo a eles do que domicílios com energia elétrica de outras fontes. A aplicação da equação referente aos pesos explicita-se da seguinte maneira:

$$Fragilidade_{Luz} = ((v044/n) * 10) + ((v045/n) * 255) + ((v046/n) * 255)$$

Uma vez aplicada a equação para todos os setores censitários, foi possível agrupá-los nas classes apresentadas na tabela 24:

TABELA 24: Limites das classes de fragilidade – distribuição de energia elétrica

Classes de fragilidades	Limites
<b>Muito baixa</b>	10,00 – 10,56
<b>Baixa</b>	10,57 – 12,33
<b>Média</b>	12,34 – 17,76
<b>Alta</b>	17,77 – 23,92
<b>Muito alta</b>	23,93 – 50,83

Fonte: Própria autora, 2018

Ao contrário dos demais atributos analisados na presente pesquisa, a distribuição de energia elétrica pelos setores censitários não apresentou grande heterogeneidade de valores de fragilidade.

Do total de 229 setores analisados, 173 apresentaram fragilidade mínima (10,00), ou seja, todos os domicílios inclusos nesses setores recebiam energia elétrica de companhia distribuidora. Pode-se constatar a baixa fragilidade relacionada à distribuição de energia elétrica ao analisarmos a pequena variância entre os limites de classes e ao observarmos o mapa de fragilidade a seguir:

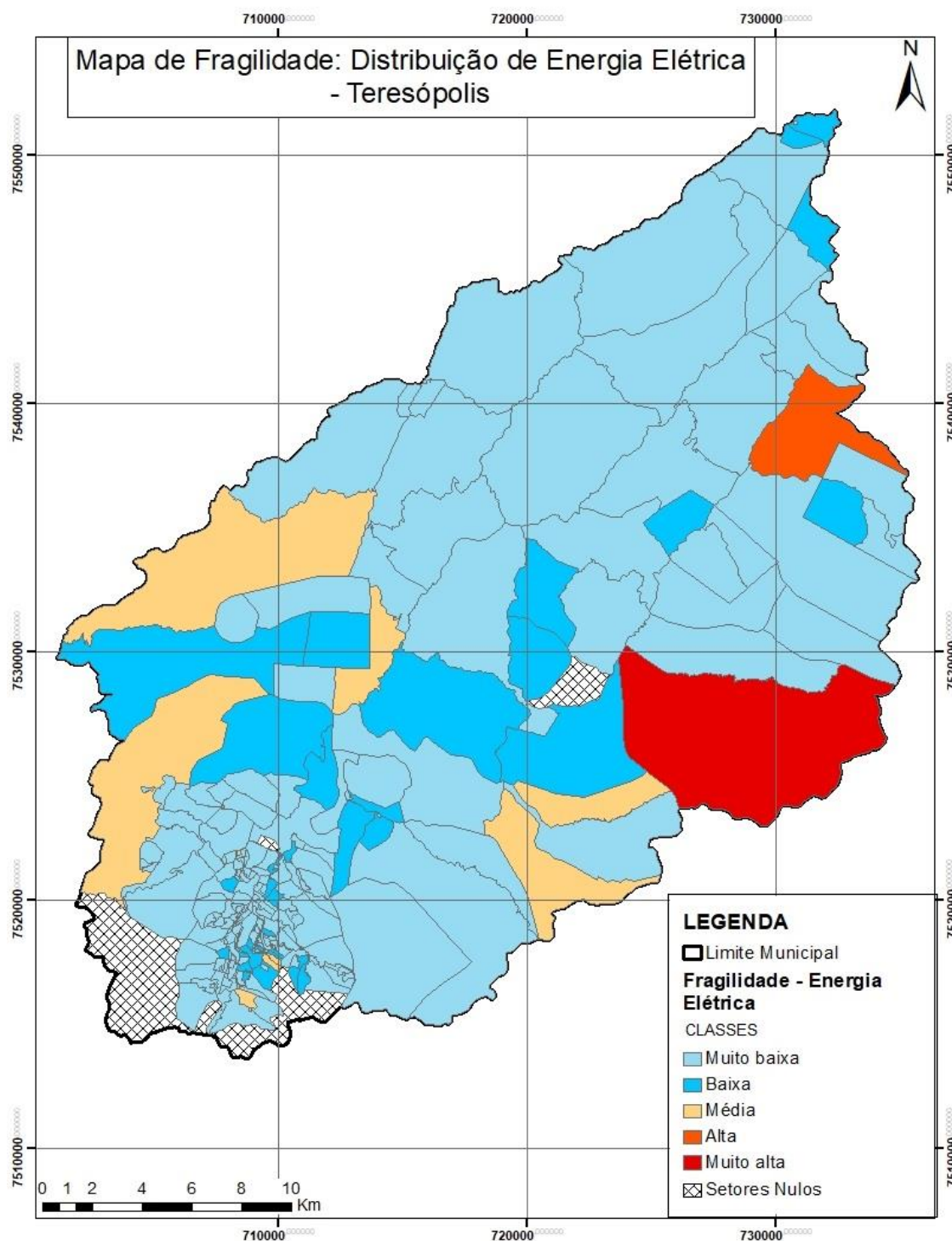


Figura 53: Mapa de fragilidade em relação à distribuição de energia elétrica  
 Fonte: Própria autora, 2018

Espacialmente fica claro que existe certo equilíbrio no quesito da distribuição de energia elétrica. Através da manipulação dos dados, chegou-se às seguintes importâncias:

TABELA 25: Quantidade de setores por classe de fragilidade em distribuição de energia elétrica

Classe de fragilidade	Nº de setores	% de setores do município
Muito baixa	179	78,16%
Baixa	38	16,59%
Média	10	4,36%
Alta	1	0,43%
Muito alta	1	0,43%
Total	229	100%

Fonte: Própria autora, 2018

É possível perceber que a quase totalidade do município encontra-se nas classes de fragilidade baixa e muito baixa, totalizando 94,75% dos setores censitários. O setor com maior fragilidade (50,83), localiza-se no distrito rural do Vale de Bonsucesso, e também não apresentou número tão discrepantes: dos 48 domicílios, 40 recebiam energia elétrica de companhia distribuidora, e apenas 8 recebiam de outras fontes.

A alta incidência de população atendida pela distribuição de energia elétrica no município fica clara quando ampliamos a análise sobre o número de domicílios. Nesse sentido, foi contabilizado o total de 53.564 domicílios, dentre os quais somente 46 foram identificados sem acesso à energia elétrica. Isso representa 0,08% dos domicílios municipais.

O acesso à energia elétrica também possui influência no grau de desenvolvimento de uma região, ou mesmo de um país. Designado como um direito fundamental, o acesso à energia é necessário para o pleno desenvolvimento das atividades humanas, ou como expõe Cavalcante (2013, p. 63) “[...] a distribuição de energia elétrica constitui-se em atividade essencial para o mundo moderno, assumindo simultaneamente dois papéis: causa e consequência do desenvolvimento das sociedades”.

#### 5.4 Fragilidade de Infraestrutura

Após a aplicação da seguinte equação para todos os 229 setores censitários de Teresópolis, foi possível obter o valor final da fragilidade referente à infraestrutura dos domicílios

$$\begin{aligned}
 \text{Fragilidade}_{\text{Infraestrutura}} &= (\text{Frag}_{\text{Água}}) + (\text{Frag}_{\text{Esgoto}}) + (\text{Frag}_{\text{Lixo}}) + (\text{Frag}_{\text{Energia}}) \\
 &+ (\text{Frag}_{\text{Domicílio}})
 \end{aligned}$$

Posteriormente agrupamos os valores obtidos em cinco classes, como demonstra a tabela 26:

TABELA 26: Limites das classes de fragilidade – Infraestrutura dos domicílios

<b>Classes de fragilidade</b>	<b>Limites</b>
<b>Muito baixa</b>	74,21 – 165,91
<b>Baixa</b>	165,92 – 259,75
<b>Média</b>	259,76 – 415,37
<b>Alta</b>	415,38 – 774,95
<b>Muito alta</b>	774,96 – 5539,74

Fonte: Própria autora, 2018

Utilizamos os limites supracitados para especializar as classes na base cartográfica do município de Teresópolis, obtendo o seguinte resultado:



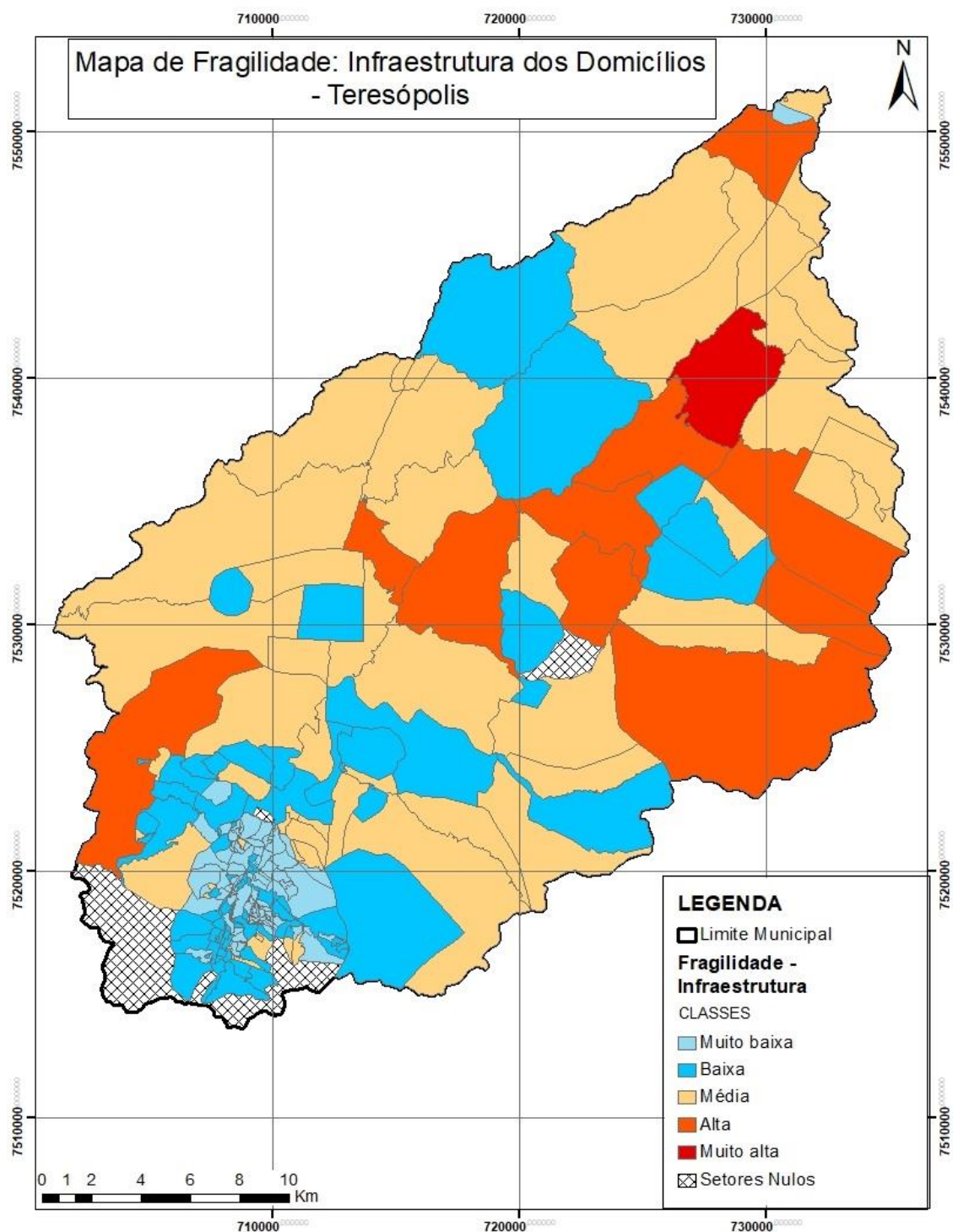


Figura 54: Mapa de fragilidade de infraestrutura  
Fonte: Própria autora, 2018

Pode-se perceber, visualmente, que há grande quantidade de setores classificados em fragilidades muito baixa, baixa e média. Os números encontrados reiteram esse cenário:

TABELA 27: Quantidade de setores por classe de fragilidade em infraestrutura domiciliar

Classe de fragilidade	Nº de setores	% de setores do município
<b>Muito baixa</b>	86	37,55%
<b>Baixa</b>	79	34,49%
<b>Média</b>	53	23,14%
<b>Alta</b>	10	4,36%
<b>Muito alta</b>	1	0,43%
<b>Total</b>	229	100%

Fonte: Própria autora, 2018

Um total de 72,04% dos setores do município encontra-se classificado em fragilidade ‘muito baixa’ ou ‘baixa’, o que significa dizer que mesmo com algumas disparidades citadas ao longo da presente pesquisa, mais da metade do município é atendido total ou parcialmente pelos serviços públicos de infraestrutura.

O setor censitário com menor fragilidade (74,21) localiza-se no bairro de São Pedro e apresentou valores baixos para todas as variáveis previamente analisadas. Já o setor com maior fragilidade de infraestrutura (5.539,74) localiza-se na área rural do Vale do Bonsucesso e apresentou índices muito altos de fragilidade no que diz respeito à água e ao esgoto. Na tabela 28 explicitamos o comparativo numérico dos dois setores:

TABELA 28: Comparativo da fragilidade de infraestrutura em Teresópolis  
(setores mínimo e máximo)

	Fragilidade Mínima – Bairro de São Pedro	Fragilidade Máxima – Vale do Bonsucesso
<b>Abastecimento de água</b>	12,60	67,74
<b>Esgotamento sanitário</b>	12,43	240,89
<b>Coleta de lixo</b>	24,60	5.211,11
<b>Distribuição de energia elétrica</b>	10	10
<b>Tipologia dos domicílios</b>	14,56	10
<b>TOTAL</b>	74,21	5.539,74

Fonte: Própria autora, 2018

Nesse comparativo pode-se perceber que o setor de São Pedro apresenta taxas mais equilibradas, o que significa dizer que a infraestrutura pública atende de forma mais efetiva essa localidade. Em relação à tipologia dos domicílios, apresenta baixo índice de fragilidade, o que significa dizer que a maior parte dos domicílios é própria. Num setor urbano, podemos relacionar esse fator a um alto poder aquisitivo dos moradores.

Já o setor de Vale do Bonsucesso, apresenta o maior índice de fragilidade em relação à coleta de lixo do município todo. Soma-se a isso também o não acesso ao esgotamento sanitário por rede geral. Mas, em compensação, todos os domicílios são próprios já quitados. Ou seja, ao mesmo tempo em que essa região não recebeu o atendimento necessário relacionado à infraestrutura pública, ela não apresenta nenhum morador em condição precária de moradia. Esse é um

bom exemplo de como as contradições agem e desenham o espaço geográfico.

### 5.5 Alfabetismo

Outro indicador selecionado para a presente pesquisa é a taxa de alfabetização. De acordo com a classificação adotada pelo IBGE na realização do Censo, uma pessoa é considerada alfabetizada caso consiga ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhecer. Já as pessoas consideradas analfabetas são aquelas capazes apenas de assinar o próprio nome.

Outras instituições utilizam-se de diferentes classes em relação à alfabetização, por exemplo, para a UNESCO (1976), analfabetismo funcional diz respeito aos indivíduos capazes de escrever seu próprio nome, ler frases de pouca complexidade e/ou familiares, e executar operações matemáticas simples. No Censo, a avaliação limitou-se apenas aos dois tipos supracitados.

É necessário pontuar rapidamente, de modo crítico, que o indicador de alfabetização aplicado na pesquisa censitária em questão é definido de modo simples e básico. Entendemos que o Censo é uma pesquisa realizada a nível nacional, com limitação de tempo, e por isso a metodologia utilizada não se aprofunda em outras classes de alfabetização, como as utilizadas pelo Indicador de Alfabetismo Funcional (INAF), por exemplo. A partir do ano de 2016, o INAF decidiu optar por cinco classes progressivas de proficiência em termos de alfabetismo: analfabeto, rudimentar, elementar, intermediário e proficiente.

Ainda que não tenhamos acesso aos dados acerca de outros níveis de escolarização, que permitiriam a análise mais aprofundada da realidade, entendemos que a alfabetização por si só já representa um bom indicador para os parâmetros da vulnerabilidade social. Como coloca Bezerra (2017), o analfabetismo é um agente limitador de ações emergenciais nos casos de adversidades. De acordo com a UNESCO (2000):

O analfabetismo é a maior expressão da vulnerabilidade educacional. O problema do analfabetismo é colocado em termos de desigualdades: a desigualdade no acesso ao conhecimento está ligada à desigualdade no acesso ao bem-estar (p.9, tradução nossa).

É sabido que, numa sociedade desenvolvida com base em códigos escritos, não saber ler nem escrever representa um impedimento social profundo, que gera consequências negativas em outras áreas da vida. Como coloca Soares (2009):

[...] as duas principais dimensões do letramento: a dimensão individual e a dimensão social. Quando o foco é posto na dimensão individual, o letramento é visto como um atributo *pessoal* [...]. Quando o foco se desloca para a dimensão social, o letramento é visto como um fenômeno *cultural*, um conjunto de atividades sociais que envolvem a língua escrita, e de exigências sociais que envolvem a língua escrita (p.66).

Importante ressaltar que, ao selecionarmos a variável censitária de alfabetização, privilegiamos àquele referente à alfabetização do responsável pelo domicílio. Lembrando que, de acordo com o IBGE, o responsável configura-se por homem ou mulher de dez anos ou mais e que é reconhecido pelos moradores como responsável pelo domicílio.

Tomando como base a planilha do Censo 2010, a respeito dos responsáveis alfabetizados, apresenta-se o total de 53.816 pessoas responsáveis por domicílios. Desse total, 49.292 são alfabetizadas e 4.524 foram consideradas analfabetas, o que corresponde a 8,40% do total de responsáveis.

O enfoque da alfabetização se deu apenas sobre os responsáveis, pois acreditamos que, trabalhar a partir desse aspecto facilita a tradução da realidade geográfica, especialmente ao tratarmos dos setores censitários, onde o domicílio é a unidade dominante.

Desse modo, atribuímos o menor peso (x10) para a quantidade de domicílios com responsáveis alfabetizados, e o maior peso (x255) para domicílios cujos responsáveis não são alfabetizados, como apresenta o quadro a seguir:

Quadro 16: Variáveis censitárias referentes ao alfabetismo

Variáveis	Descrição das variáveis	Peso
<b>V001</b>	Pessoas responsáveis	-----
<b>V093</b>	Pessoas responsáveis alfabetizadas	x10
<b>Sem variável</b>	Pessoas responsáveis não alfabetizadas	x255

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010

Como na planilha de resultados não havia o número de responsáveis não alfabetizados, escolhemos realizar uma subtração simples entre o número de responsáveis e o número de responsáveis alfabetizados. A equação aplicada para cada setor censitário é:

$$Vuln\ Alfabetismo = ((v0093/n) \times 10) + ((NãoAlfabetizados/n) \times 255)$$

Com base nesses valores atribuídos, buscou-se potencializar a fragilidade social dos domicílios com responsáveis analfabetos, bem como minimizar a fragilidade social dos domicílios com responsáveis alfabetizados. Uma vez

aplicada a equação, foi realizado o agrupamento em classes, com base nos valores da vulnerabilidade de cada setor:

TABELA 29: Limites das classes de fragilidade - Alfabetismo

<b>Classes de vulnerabilidade</b>	<b>Limites</b>
Muito baixa	10 – 19,85
Baixa	19,86 – 33,70
Média	33,71 – 53,70
Alta	53,71 – 82,59
Muito alta	82,60 – 141,92

Fonte: Própria autora, 2018

Semelhante às outras variáveis selecionadas, os resultados apresentados pelo IBGE possuíam algumas inconsistências, desse modo, não foi possível classificar 4 setores (do total de 233). Assim, dos 229 setores censitários classificados, 7 deles apresentaram valor mínimo de fragilidade (10). Esse valor refere-se aos setores censitários cujo número de responsáveis analfabetos era nulo, ou seja, todos os chefes de domicílio foram considerados alfabetizados no momento da entrevista. A maioria dos setores supracitados encontram-se em bairros centrais e de maior poder aquisitivo (Alto e Agriões, por exemplo). Em contrapartida, o setor com maior fragilidade (141,92), localiza-se no distrito rural do Vale do Bonsucesso e, segundo as informações extraídas dos dados censitários, apresentou 53,84% de responsáveis não alfabetizados.

Após agrupar os valores da fragilidade em relação ao alfabetismo em classes qualitativas, foi confeccionado o mapa de vulnerabilidade do município, apresentado a seguir:

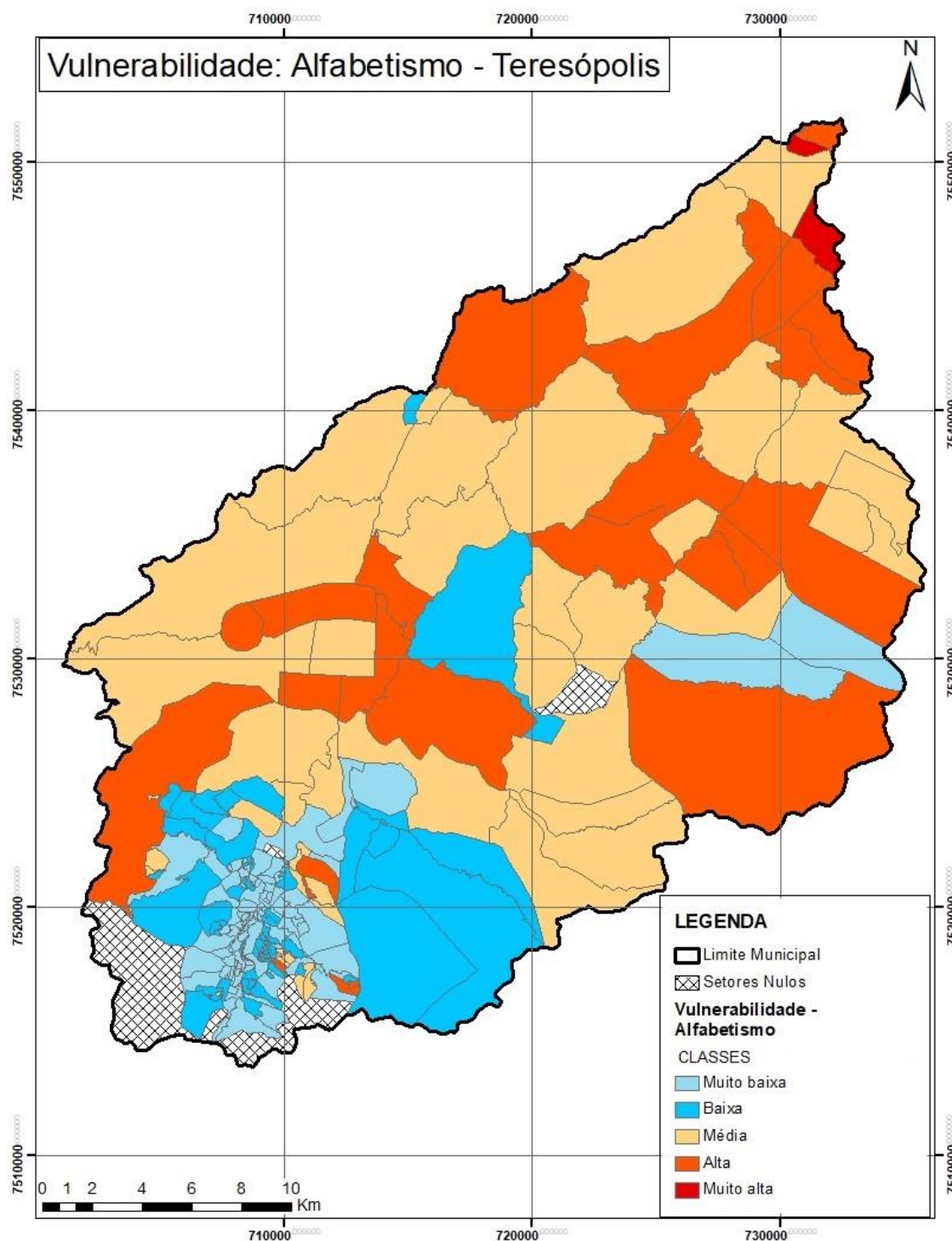


Figura 55: Mapa de vulnerabilidade de alfabetismo  
 Fonte: Própria autora, 2018

Visualmente, é possível perceber uma grande quantidade de setores censitários de tamanho menor, classificados em 'vulnerabilidade muito baixa e baixa', enquanto setores maiores apresentam 'vulnerabilidade média'. O aspecto visual é reiterado pelos números apresentados após a manipulação dos dados censitários, como demonstra a tabela 30:

TABELA 30: Quantidade de setores por classes de fragilidade em alfabetismo

Classe de vulnerabilidade	Nº de setores	% dos setores censitários
Muito baixa	90	39,30%
Baixa	62	27,07%
Média	48	20,96%
Alta	27	11,79%
Muito alta	2	0,87%
Total	229	100%

Fonte: Própria autora

Observa-se, desse modo, que mais da metade dos setores censitários de Teresópolis (66,37%) foram classificados em vulnerabilidade muito baixa ou baixa e apenas a menor parcela (12,66%) dos setores, foram agrupadas na categoria alta ou muito alta. De acordo com o IBGE (2010), a taxa de analfabetismo do município é de 6,5%. Ainda que, a presente pesquisa esteja tratando de um nicho específico (responsáveis por domicílios), essas porcentagens apresentam muita proximidade dentre si e valores relativamente baixos, se comparados com o restante do Brasil, ou mesmo com outros municípios fluminenses.

## 5.6 Análise da vulnerabilidade social

Visando estabelecer um valor único correspondente à vulnerabilidade social dos setores censitários municipais, optamos por aplicar o método da média ponderada nos indicadores selecionados. Por conta do comportamento dos indicadores, não utilizamos modelos estatísticos específicos para atribuir os pesos determinados.

O que fizemos foi multiplicar o valor da fragilidade de cada variável pelo seu peso e somar os resultados, obtendo assim o valor de vulnerabilidade social para cada setor censitário, de acordo com a seguinte equação:

$$V_{Soc} = ((Renda * 3,5) + (QntdadeMoradores * 3,0) + (Infraestrutura * 2,0) + (Alfabetismo * 1,5))/10$$

A renda e a quantidade de moradores receberam, respectivamente, o primeiro e o segundo maior peso, pois compreendemos que são fatores mais determinantes na vulnerabilidade da população, em relação aos desastres naturais. A infraestrutura recebeu peso 2,0, pois influencia diretamente no momento dos eventos: locais que apresentam infraestrutura mínima ou insuficiente, normalmente são os que mais sofrem durante e/ou após a ocorrência. O alfabetismo recebeu o menor peso pois, ainda que seja um fator importante no âmbito da fragilidade, no momento da situação de risco entendemos que ele não é completamente determinante como os outros três anteriores.

A composição do mapa de vulnerabilidade social segue a lógica da álgebra de mapas, com base na operação local de fatiamento por classes. Nesse procedimento, um campo temático é obtido através de um campo numérico (CORDEIRO et al., 2003). Ou seja, através do valor da vulnerabilidade social encontrado por meio da média ponderada, agruparemos os valores em classes temáticas (qualitativas).

Aplicada a equação supracitada para todos os 229 setores censitários do município de Teresópolis obtivemos o valor final da vulnerabilidade social de cada um deles. O setor com menor vulnerabilidade localiza-se no bairro da Várzea e apresentou resultado de 54,08; já o com maior vulnerabilidade encontra-se no distrito rural do Vale de Bonsucesso e apresentou valor de 1.229,98. O mapa da figura 56 demonstra a localização de ambos:



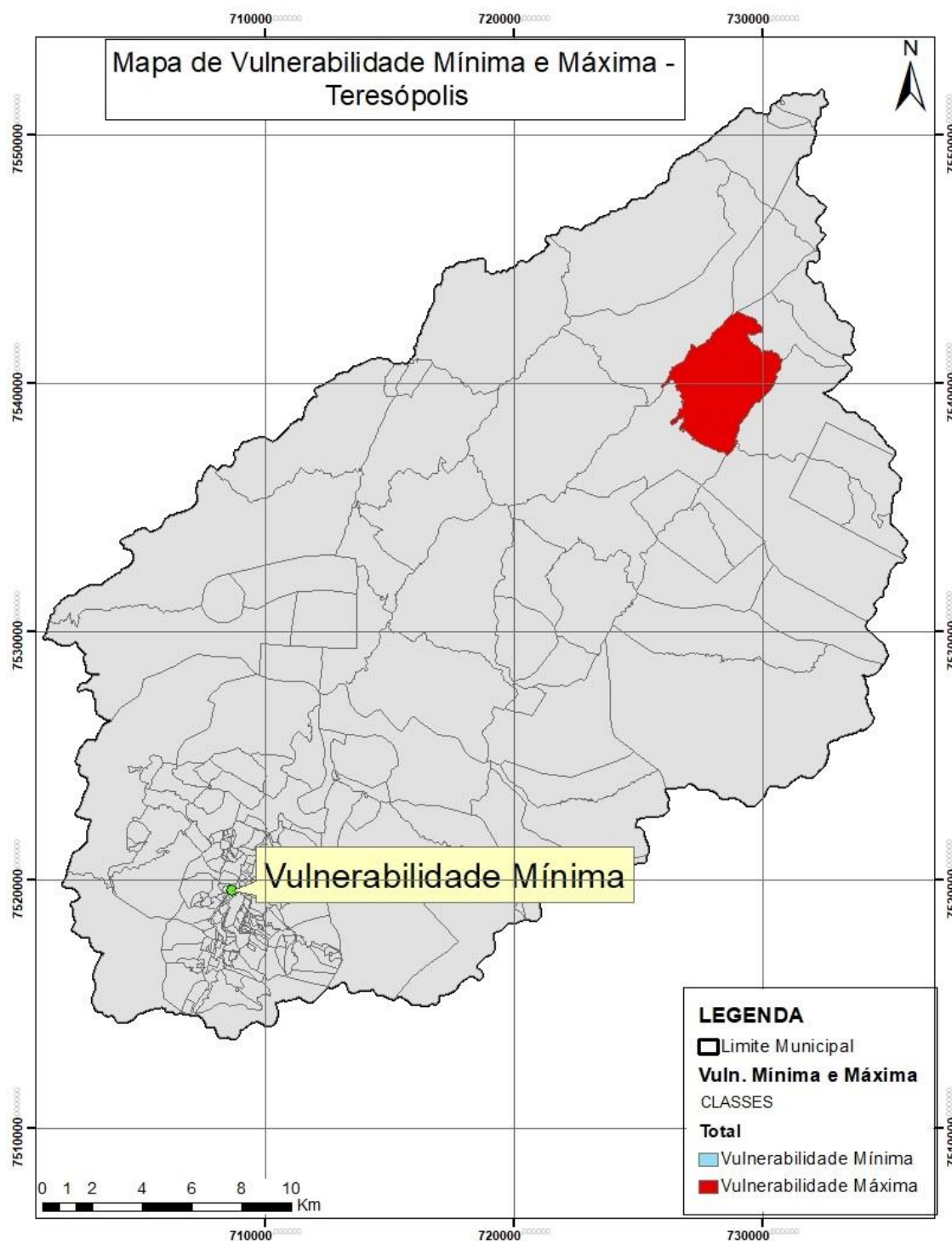


Figura 56: Mapa dos setores censitários com vulnerabilidade social mínima e máxima  
 Fonte: Própria autora, 2018

Visando não modificar a escala do mapeamento (1:180.000), foi necessário utilizar a identificação no mapa a respeito do setor correspondente à vulnerabilidade mínima, por conta do seu tamanho.

Posteriormente, todos os valores obtidos através dessa mesma equação foram reagrupados em cinco classes distintas. Na tabela 31 estabelecemos os limites de cada uma delas:

TABELA 31: Limites das classes de vulnerabilidade social do município de Teresópolis

Classe de vulnerabilidade	Valores da vulnerabilidade
Muito baixa	54,08 – 115,26
Baixa	115,27 – 164,19
Média	164,20 – 223,12
Alta	223,13 – 411,05
Muito alta	411,06 – 1229,28

Fonte: Própria autora, 2018

Com base nos valores supracitados, foi realizada a classificação em ambiente SIG da malha censitária do município de Teresópolis, chegando ao seguinte resultado:

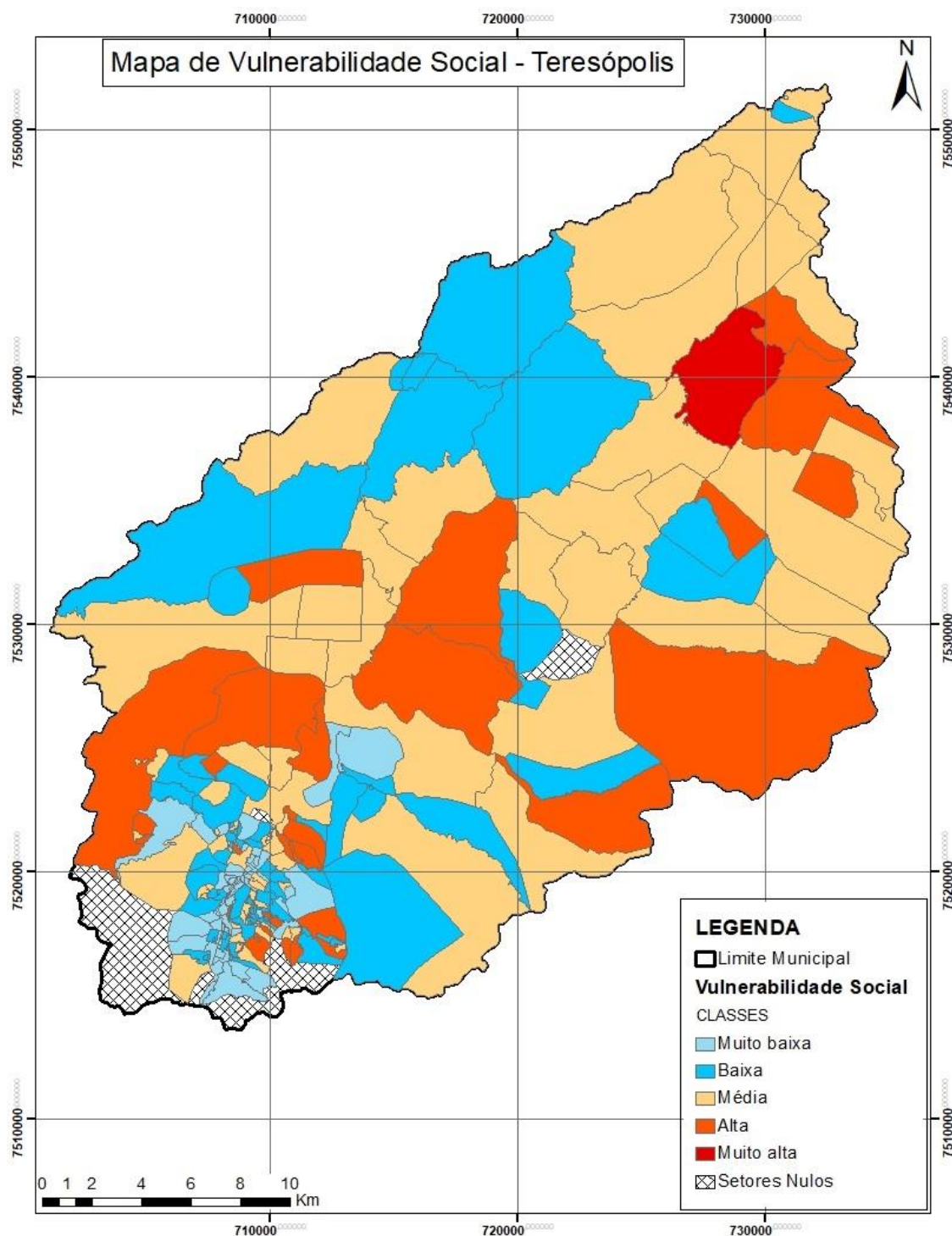


Figura 57: Mapa de vulnerabilidade social do município de Teresópolis  
 Fonte: Própria autora, 2018

Visualmente é possível perceber que os setores menores e que correspondem à área urbana apresentam, em sua maioria, vulnerabilidade muito baixa ou baixa. Já os setores maiores, que correspondem à boa parte da área rural ou periurbana, categorizam-se nas classes média e alta. A classe muito alta corresponde à apenas um setor censitário, como já demonstrado anteriormente.

Objetivando uma análise mais clara, apresentamos na tabela 32 a quantidade de setores censitários por classe:

TABELA 32: Quantidade de setores por classe de vulnerabilidade social

Classe de fragilidade	Nº de setores	% dos setores
Muito baixa	58	25,32%
Baixa	72	31,44%
Média	66	28,82%
Alta	32	13,97%
Muito alta	1	0,43
TOTAL	229	100%

Fonte: Própria autora, 2018

Desse modo, é possível perceber que mais da metade dos setores municipais (56,76%) caracterizam-se por apresentarem vulnerabilidade muito baixa ou baixa. O total de 14,4% do município classifica-se em vulnerabilidade alta ou muito alta. Já a vulnerabilidade média apresentou valor mediano, 28,82% dos setores analisados.

O Índice de Vulnerabilidade Social elaborado pela FIOCRUZ (2014) chegou ao resultado de 0,67, um pouco menor do que o da cidade do Rio de Janeiro, que apresentou o valor de 0,73. A instituição utilizou outras dimensões para chegar a essa caracterização, tais quais: estrutura familiar, acesso ao conhecimento, acesso ao trabalho, disponibilidade de recursos, desenvolvimento infanto-juvenil e condições habitacionais. Logo, nosso objetivo não é realizar um comparativo entre nossos resultados e o Índice de Vulnerabilidade Social citado, mas somente indexá-lo como uma espécie de informação adicional.

## 6. Aplicação da álgebra de mapas

Objetivando formular um mapa de risco socioambiental capaz de demonstrar satisfatoriamente a realidade espacial local, buscamos procedimentos que dessem conta de embasar de forma completa a metodologia proposta. Desse modo, optou-se pela utilização da álgebra de mapas.

Nesse sentido, dentre as operações contidas na álgebra (locais, de vizinhança e zonais), utilizamos as locais de transformação: ponderação, fatiamento em classes e reclassificação.

A presente pesquisa utilizou como base três frentes de dados: a CPRM, visando investigar a suscetibilidade a desastres naturais (movimentos de massa e inundações); o INEA, para obter o tipo de uso e ocupação do solo; e o IBGE, objetivando analisar os dados censitários da população. Para cumprir o objetivo, foi necessário reuni-los espacialmente de modo sintético. Por essa razão optamos pelo procedimento da álgebra de mapas, descrita em etapas a seguir.

A primeira etapa consistiu na transformação dos arquivos vetoriais apresentados (movimentos de massa, inundações, usos do solo e vulnerabilidade social) em *raster*.

Para realizar a conversão dos arquivos, utilizamos a ferramenta *conversion tools*, no *software* ArcMap, e em seguida optamos pela transformação de polígono para raster.

Após as feições se encontrarem no formato de células (pixels), foi preciso atribuir pesos a elas, para que, posteriormente, fosse realizado o somatório dos mapas.

### 6.1 Reclassificações

A atribuição dos pesos às feições se deu seguindo a mesma lógica da classificação utilizada ao longo da presente pesquisa, a categorização em cinco classes distintas: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

No processo de reclassificação, porém, incluiu-se uma classe a mais, de valor 1, para caracterizar todas as áreas consideradas desimportantes em relação à nossa análise. O quadro 17 apresenta a relação entre as classes utilizadas e seus respectivos fatores:

QUADRO 17: Classes de risco socioambiental e valores gerais da reclassificação

Classes de risco	Valores
Áreas dispensadas	1

<b>Muito baixo</b>	2
<b>Baixo</b>	3
<b>Médio</b>	4
<b>Alto</b>	5
<b>Muito alto</b>	6

Fonte: Própria autora, 2018

De acordo com esse raciocínio, a classe com menor risco apresentará valor 2, enquanto a com maior risco obterá valor 6.

A transformação dos dados vetoriais em *raster* seguiram a lógica de uma das operações locais de transformação, a ponderação. Através dela, as classes temáticas são associadas a valores numéricos. De acordo com Cordeiro et al. (2003), isso deve ocorrer de modo que *“cada local de uma área de estudo fique associado a um valor indicando o peso de cada classe temática diante de uma operação quantitativa que se deseje modelar”* (p. 8-5).

Nas operações pontuais, o valor resultante de cada posição geográfica depende única e exclusivamente do seu valor de referência do geo-campo de origem, de modo que, os valores vizinhos não influenciam no resultado (BARBOSA, 1997). A figura 58 exemplifica como é realizada a operação pontual:

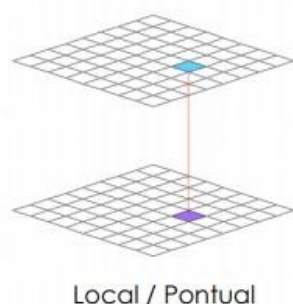


Figura 58: Modelo de operação local/pontual  
Fonte: Adaptado de Barbosa, 1997

A seguir, demonstraremos especificamente como isso se deu para cada frente de dados utilizada.

### 6.1.1 Reclassificação dos movimentos de massa

De acordo com o que já foi apresentado, utilizamos o mapeamento de suscetibilidade da CPRM (2014) como fonte da presente pesquisa. Esse mapeamento identificou todas as áreas do município, logo, não houve nenhuma

região sem classificação (de valor 1). O quadro 18 apresenta os valores correspondentes a cada classe:

QUADRO 18: Valores correspondentes às classes de suscetibilidade a movimentos de massa

Classes	Valores
Áreas dispensadas	X
Muito baixo	2
Baixo	X
Médio	4
Alto	X
Muito alto	6

Fonte: Própria autora, 2018

Como o mapeamento da CPRM não apresentava as quantidades de classes equiparadas à nossa classificação, foi necessário excluir as especificações de risco “baixo” e “alto”, mantendo somente as relacionáveis aos níveis “muito baixo”, “médio” e “muito alto”. Logo, todo o município foi classificado segundo essa categorização. O mapa a seguir apresenta a reclassificação em formato *raster* do mapa de risco a movimentos de massa:



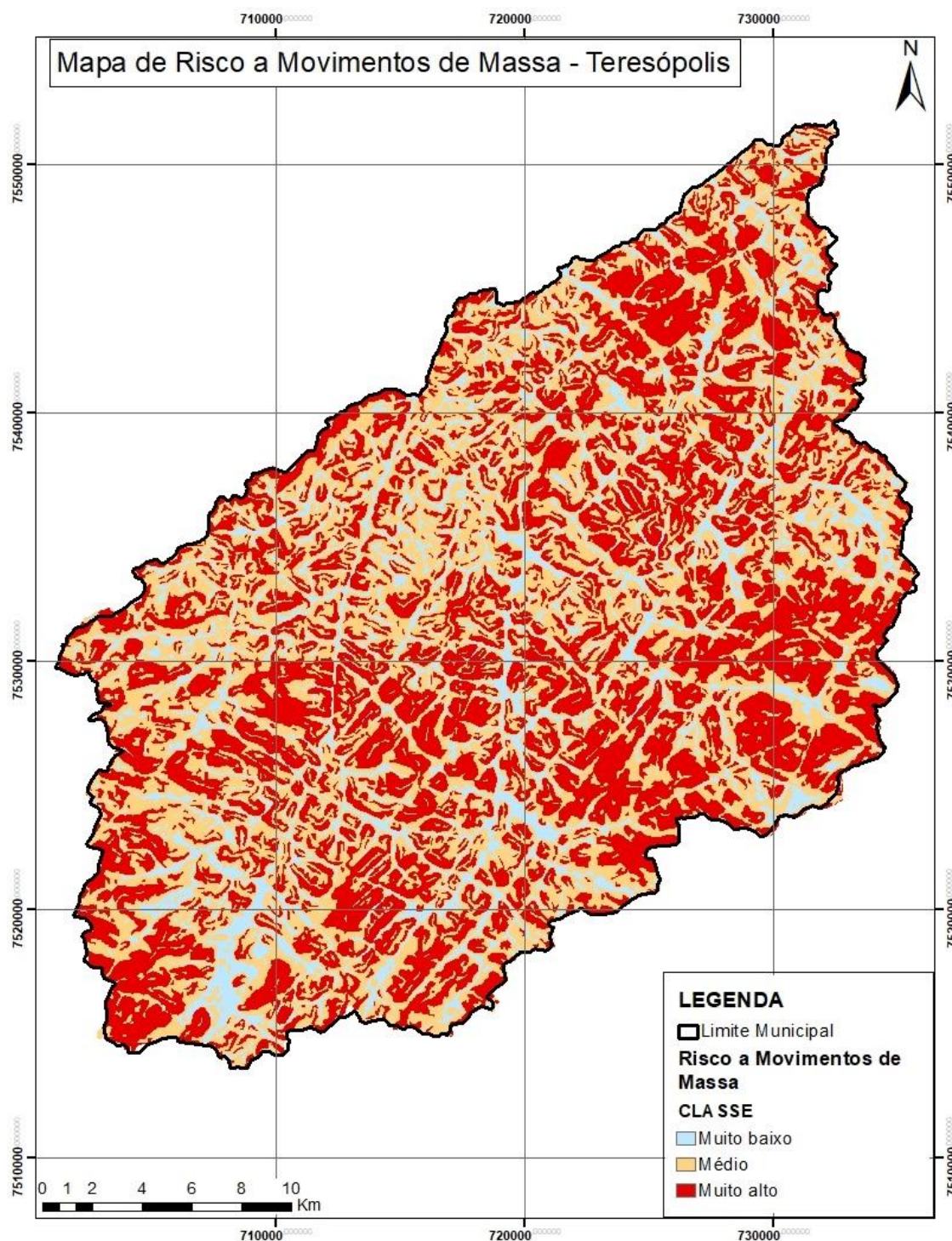


Figura 59: Mapa de reclassificação de risco a movimentos de massa  
 Fonte: Própria autora, 2018

Tomando como base os procedimentos apresentados, as áreas em azul apresentam risco de valor 2; aquelas em amarelo, risco de valor 4; e as áreas em vermelho, risco de valor 6.



### 6.1.2 Reclassificação das inundações

Ao contrário do mapa de suscetibilidade aos movimentos de massa, a classificação das áreas de inundações da CPRM foi realizada somente em áreas próximas aos corpos hídricos. Logo, boa parte do território municipal não apresentou nenhuma espécie de classificação. Para essas áreas, atribuímos o valor 1, como demonstra o quadro 19:

QUADRO 19: Valores correspondentes às classes de suscetibilidade a inundações

Classes	Valores
Áreas dispensadas	1
Muito baixo	2
Baixo	X
Médio	4
Alto	X
Muito alto	6

Fonte: Própria autora, 2018

Semelhante ao caso dos movimentos de massa, há menos classes de suscetibilidade do que os valores por nós propostos. Buscando equilibrar essas diferenças, optamos por excluir as classes “baixa” e “alta” da análise de risco de inundação. O mapa a seguir apresenta as categorias de risco às inundações reclassificadas de acordo com o modelo *raster*.

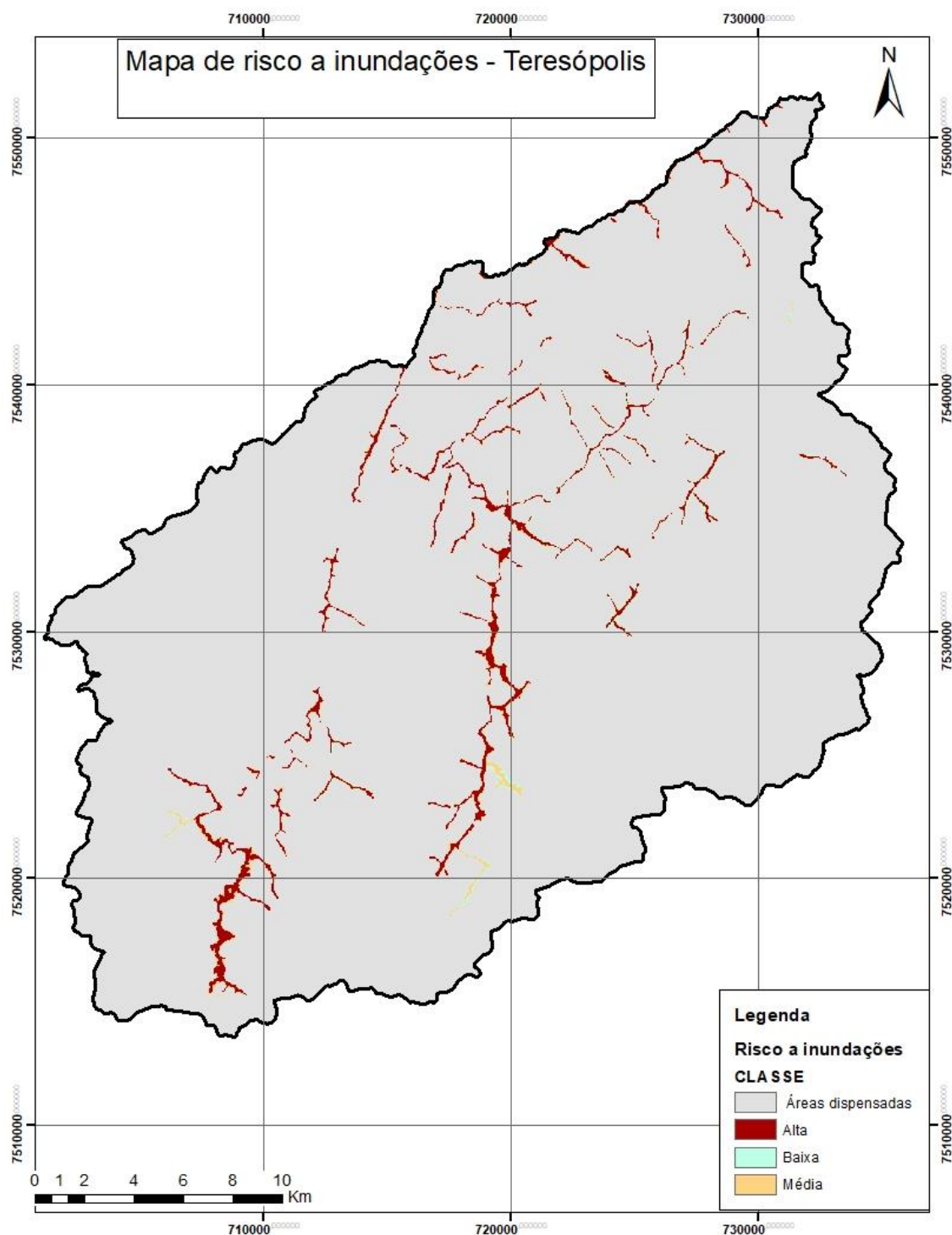


Figura 60: Mapa de reclassificação de risco a inundações  
 Fonte: Própria autora, 2018

Visualmente fica claro que as áreas classificadas se apresentam em número bem menor do que as não classificadas. Além disso, as localidades de risco alto a inundações são aquelas nas cercanias dos principais corpos hídricos do município.

### 6.1.3 Reclassificação dos tipos de usos do solo

Em princípio, entendemos que existem algumas condicionantes no espaço geográfico que tornam determinados usos do solo mais suscetíveis às fragilidades do que outros, aumentando então o risco daquela área. Em termos exclusivos de cobertura do solo é sabido que as fragilidades socioambientais decorrentes de áreas antropizadas e naturais são potencialmente distintas. Alterações proporcionadas por atividades humanas, desde cultivos até a impermeabilização efetiva do solo, geram impactos inegáveis nos sistemas hídricos e terrestres.

Tomando por base a classificação de Ross (1994) acerca do grau de cobertura de determinada área, reagrupamos algumas classes de uso do solo, e atribuímos pesos a elas. Quanto maior o grau de cobertura, menor a fragilidade, ou seja, menor o peso. No quadro 20 é explicitada a classificação do autor:

QUADRO 20: Graus de proteção relativos ao tipo de cobertura vegetal

Graus de proteção	Tipo de cobertura vegetal
Muito alta	Florestas, matas naturais
Alta	Mata secundária, Cerrado denso, capoeira densa, pastagens cultivadas com pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo
Média	Cultivos de ciclo longo em terraceamento, pastagens com baixo pisoteio
Baixa	Cultivos de ciclo longo de baixa densidade, culturas de ciclo curto
Muito baixa a nula	Áreas desmatadas e queimadas, solo exposto

Fonte: Adaptado de Ross, 1994

Importante ressaltar que nessa classificação o autor utiliza-se do viés muito mais agrícola e natural do que propriamente socioambiental. Por esse motivo foi necessário adaptá-la à realidade do tema por nós proposto.

Assim o primeiro conjunto reagrupado é composto por afloramento rochoso, água e sombra e ganhou o menor peso (x1). Esse conjunto recebeu o peso mínimo não por conta do seu tipo de cobertura vegetal, mas sim por considerarmos as classes desimportantes em termos dos riscos socioambientais que estamos tratando.

No segundo conjunto foram agrupadas as classes referentes às vegetações arbóreas (comunidade relíquia, vegetações secundárias e reflorestamento). Aqui se aplica diretamente a classificação de Ross (1994), pois por configurarem zonas de alta cobertura, recebem o segundo menor peso (x2).

A classe campo/pastagem permaneceu como algo único. Nesse sentido também justificamos através da classificação de Ross (1994), pois campos e

pastagens possuem de médio a alto grau de cobertura, sendo-lhes atribuído o peso (x3). É preciso ressaltar que muitas vezes as áreas de campo configuram-se como momentos anteriores à implantação de cultivos ou mesmo ao início da urbanização.

No caso da agricultura, além do impacto proveniente do cultivo em si, também são áreas de habitações humanas, fundamentando o valor de seu peso (x4). Podemos dizer então que além da questão da cobertura vegetal em si, as áreas agrárias ainda podem concentrar impactos ambientais e sociais diversos.

A classe de solo exposto corresponde ao menor grau de cobertura da classificação de Ross (1994), e por isso recebe o penúltimo maior peso (x5) da reclassificação. Segundo Cavedon et al. (2000), o solo exposto se enquadra basicamente em dois tipos de caracterizações: áreas com cultivos em estágios iniciais, que ainda não possuem cobertura vegetal proeminente, e áreas degradadas por diferentes fatores (uso agrícola imprudente, aterros, erosão, dentre outros).

A área urbana não é contemplada na classificação de Ross, porém, de acordo com a nossa reclassificação, é a classe de cobertura com maior fragilidade de todas as citadas anteriormente. Isso se dá por alguns fatores, entre eles a grande concentração de pessoas, a quantidade de intervenções antrópicas no ambiente ao redor, o planejamento incipiente em muitas cidades, dentre outros. Como pontuam Lima e Roncaglio (2001):

[...] tais aspectos degradados da natureza no âmbito urbano são agravados e, ao mesmo tempo, agravam, os problemas sociais, principalmente aqueles relacionados com a pobreza (p. 56).

No quadro 21 elencamos as classes resultantes de nossa própria reclassificação e seus pesos correspondentes:

QUADRO 21: Valores correspondentes à reclassificação dos usos do solo

Classes	Usos do solo	Valores
Áreas isentas	Afloramento rochoso, água e sombra	1
Muito baixo	Reflorestamento, comunidade relíquia, vegetação secundária em estágio inicial, vegetação secundária em estágio médio avançado	2
Baixo	Campo/pastagem	3
Médio	Agricultura	4
Alto	Solo exposto	5
Muito alto	Área urbana	6

Fonte: Própria autora, 2018

Reagrupou-se as classes de afloramento rochoso, água e sombra por conta de sua inexpressividade em termos de vulnerabilidade socioambiental na região. Já o reagrupamento das áreas florestadas numa classe única consiste no viés geográfico da presente pesquisa, que não pretende realizar uma análise voltada aos aspectos biogeográficos da vegetação.

Essa reclassificação é feita através da transformação da extensão de vetor para *raster*, adicionando os pesos a cada pixel correspondente à sua respectiva classe. Por fim, o que se tem é o seguinte mapa de usos do solo:

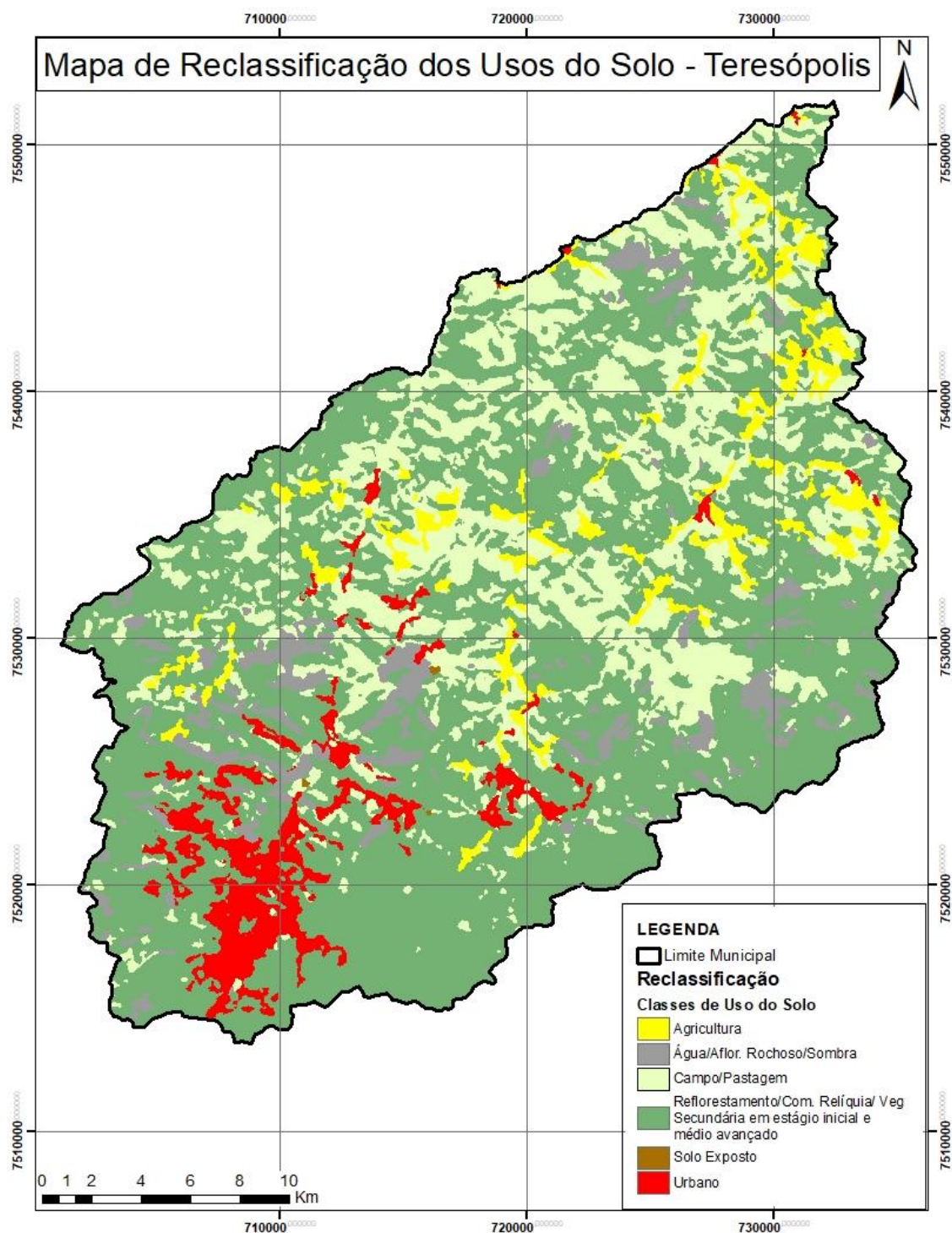


Figura 61: Mapa de reclassificação dos usos do solo  
 Fonte: Própria autora, 2018

De acordo com a nova classificação, o valor da extensão das áreas das seguintes classes mantém-se o mesmo: agricultura, campo/pastagem, solo exposto e urbano. Agora, porém, as classes de água, afloramento rochoso e sombra foram agrupadas, bem como as de comunidades relíquias,

reflorestamento e vegetações secundárias. A tabela 33 apresenta os resultados de área obtidos para cada classe:

TABELA 33: Percentual de classes de uso do solo após a reclassificação

Classes de uso do solo	Área (Km)	Área (%)
<b>Áreas isentas</b>	45,31 Km	5,87%
<b>Áreas florestadas</b>	457,06 Km	59,28%
<b>Campo/pastagem</b>	187,93 Km	24,37%
<b>Agricultura</b>	39,82 Km	5,16%
<b>Solo exposto</b>	0,25 Km	0,03%
<b>Área urbana</b>	40,49 Km	5,25%
<b>Total</b>	770,89 Km	100%

Fonte: Própria autora, 2018

Após a reclassificação, pode-se observar que as áreas florestadas e de campo/pastagem ocupam a maior parte do território municipal. A área urbana é inexpressiva, principalmente se comparada com as duas classes em questão. Na realidade, a quantidade de áreas agrárias e urbanas é praticamente a igual, 5,16% e 5,25%, respectivamente.

Como as classes que possuem maior área são as de áreas florestadas e campo/pastagem, e os valores atribuídos a elas são respectivamente 2 e 3, logo, podemos inferir que mais da metade do município possuirá esses dois valores.

#### 6.1.4 Reclassificação da vulnerabilidade social

Em relação à vulnerabilidade social, o produto cartográfico vetorial final, além de ser uma média de diversas variáveis, já havia sido categorizado nas seis classes distintas estabelecidas (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta). Nesse sentido, a sua reclassificação foi realizada de modo mais simples, apenas associando os pesos às classes já propostas, como apresenta o quadro 22:

QUADRO 22: Valores correspondentes às classes de vulnerabilidade social

Classes	Valores
<b>Áreas dispensadas</b>	1
<b>Muito baixo</b>	2
<b>Baixo</b>	3
<b>Médio</b>	4
<b>Alto</b>	5
<b>Muito alto</b>	6

Fonte: Própria autora, 2018

Aqui, as áreas dispensadas foram os (quatro) setores censitários que não apresentavam dados, logo, aqueles que não puderam ser investigados. O mapa

a seguir apresenta a reclassificação realizada em relação à vulnerabilidade social, segundo os valores estabelecidos:

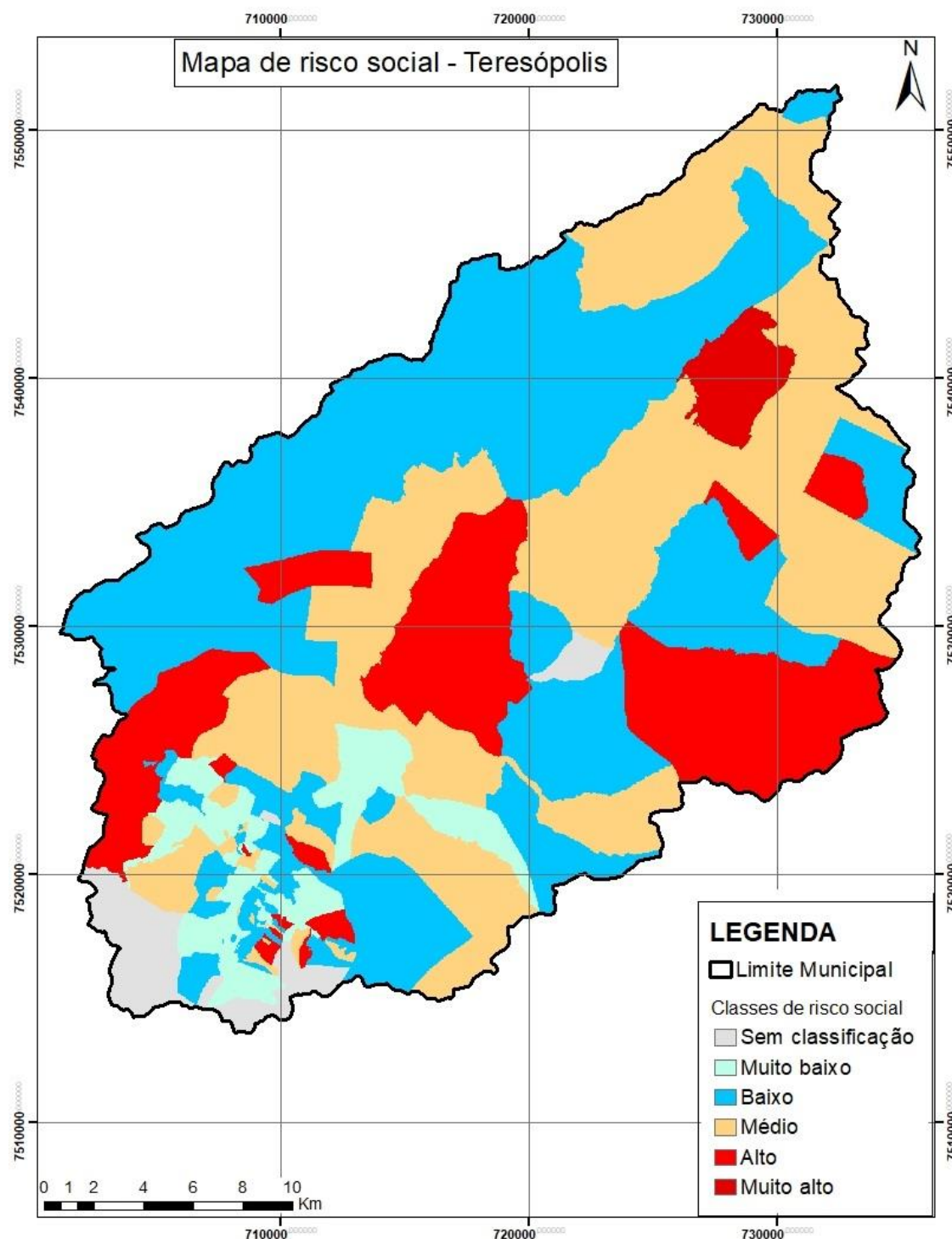


Figura 62: Mapa de reclassificação da vulnerabilidade social  
Fonte: Própria autora, 2018

Semelhante ao mapa vetorial já apresentado, as classes com maior ocorrência são as de risco baixo e médio, como demonstra a figura 63:



### Classes de Vulnerabilidade Social - Município de Teresópolis

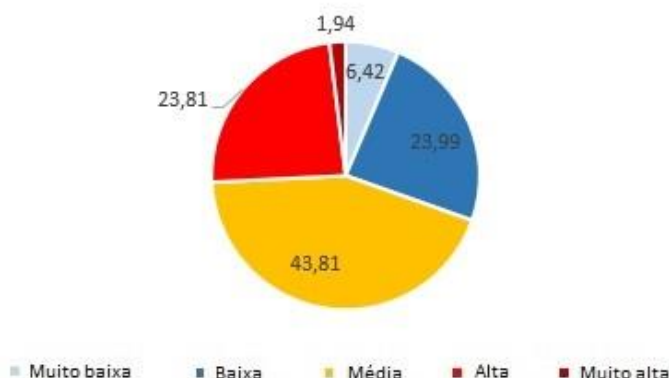


Figura 63: Gráfico das classes de vulnerabilidade social no município de Teresópolis  
Fonte: Própria autora, 2018

Quase metade do território municipal apresenta vulnerabilidade social média. Contraditoriamente, as classes “baixa” e “alta” apresentam quase a mesma porcentagem, representando possíveis disparidades socioeconômicas da população.

## 6.2 Raster Calculator

Uma vez finalizados os procedimentos de reclassificação, onde atribuímos valores a cada pixel, é o momento de realizar a operação final da álgebra de mapas.

Nesse sentido, realizamos uma adição simples com todos as camadas anteriormente trabalhadas: movimentos de massa, inundações, usos do solo e vulnerabilidade social. Desse modo, cada valor que atribuímos ao pixel de determinada classe será somado a outro pixel de outro *layer*. Na figura 64 apresentamos esse procedimento de forma esquemática:

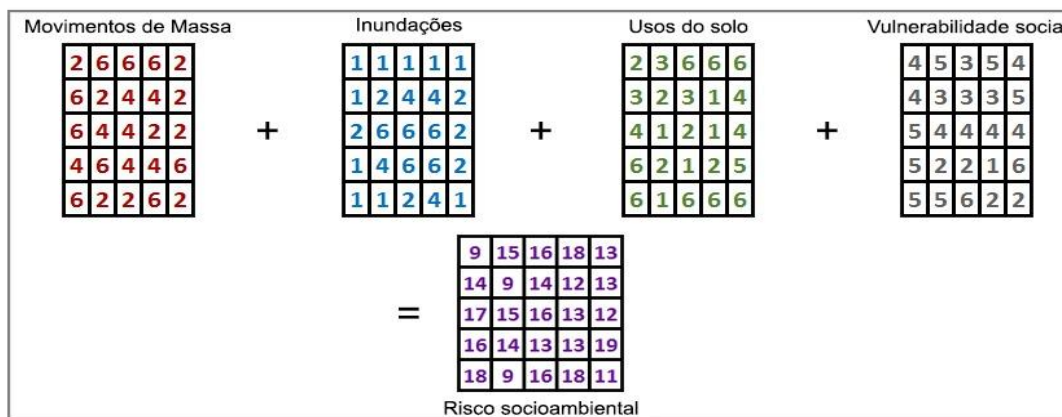


Figura 64: Soma das camadas *raster* classificadas  
Fonte: Própria autora, 2018

Nessa figura apresentamos um esquema simples da realização da álgebra de mapas, com a base de dados utilizada na presente pesquisa. O mapa final, de risco socioambiental é baseado no somatório simples de cada pixel dos outros quatro. No que diz respeito à álgebra de mapas realizada de fato, encontramos valores contidos entre 7 e 21, como apresenta o mapa a seguir:

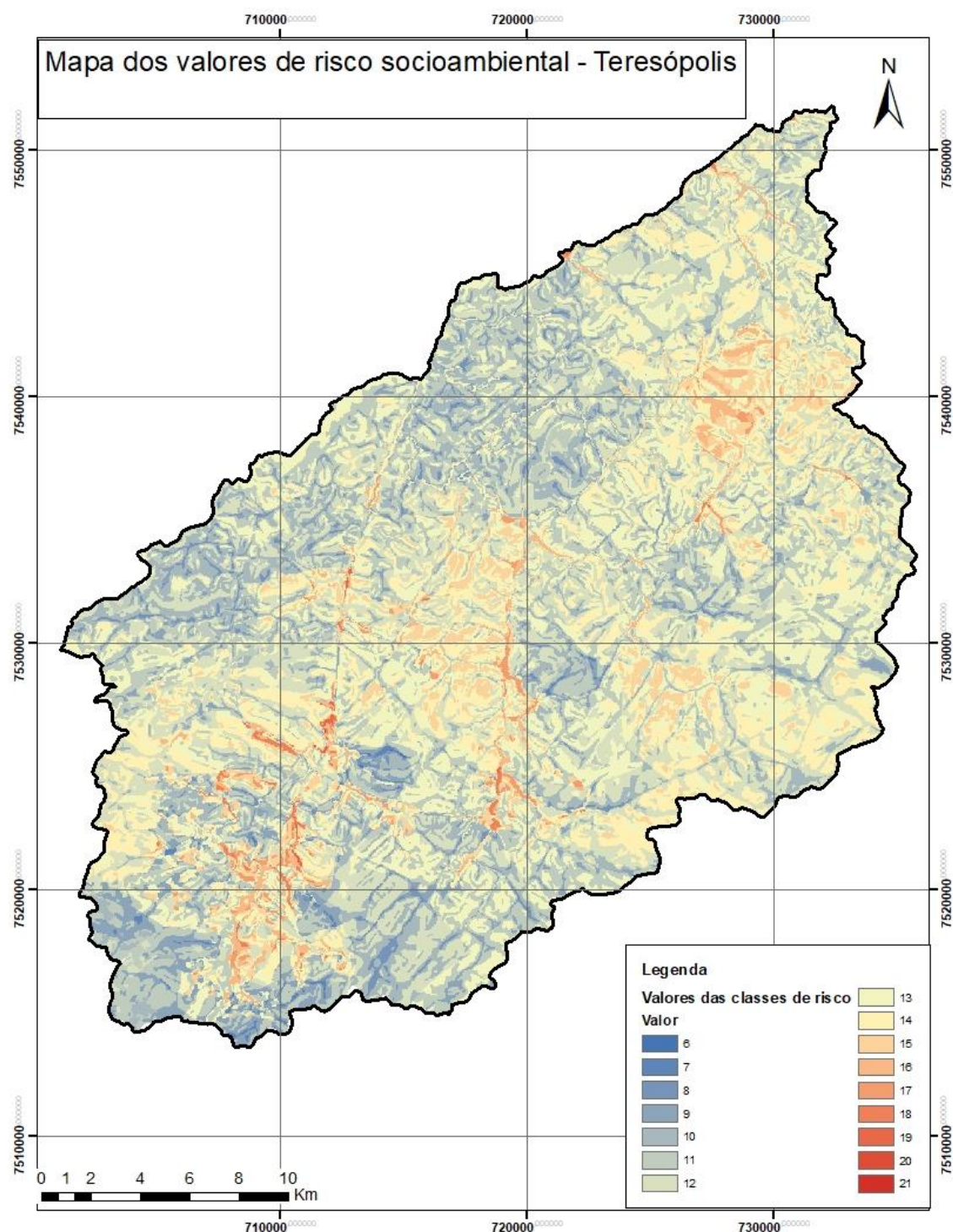


Figura 65: Mapa dos valores de risco socioambiental - Teresópolis  
Fonte: Própria autora, 2018

Como apresentado, o valor mínimo de risco encontrado foi 7 e o máximo foi 21, totalizando quinze valores distintos. Após isso, reagrupamos todos esses valores nas cinco classes utilizadas ao longo da presente pesquisa. A tabela 34 apresenta o limite dos valores para cada uma das classes:

Tabela 34: Limites dos valores de risco e suas respectivas classes

<b>Classes</b>	<b>Limites</b>
<b>Muito baixo</b>	6-9
<b>Baixo</b>	10-12
<b>Médio</b>	13-15
<b>Alto</b>	16-18
<b>Muito alto</b>	19-21

Fonte: Própria autora, 2018

Com base nisso, agrupamos e reclassificamos as feições encontradas, de acordo com as classes supracitadas, produzindo o mapa final de risco socioambiental (em formato *raster*), apresentado a seguir:

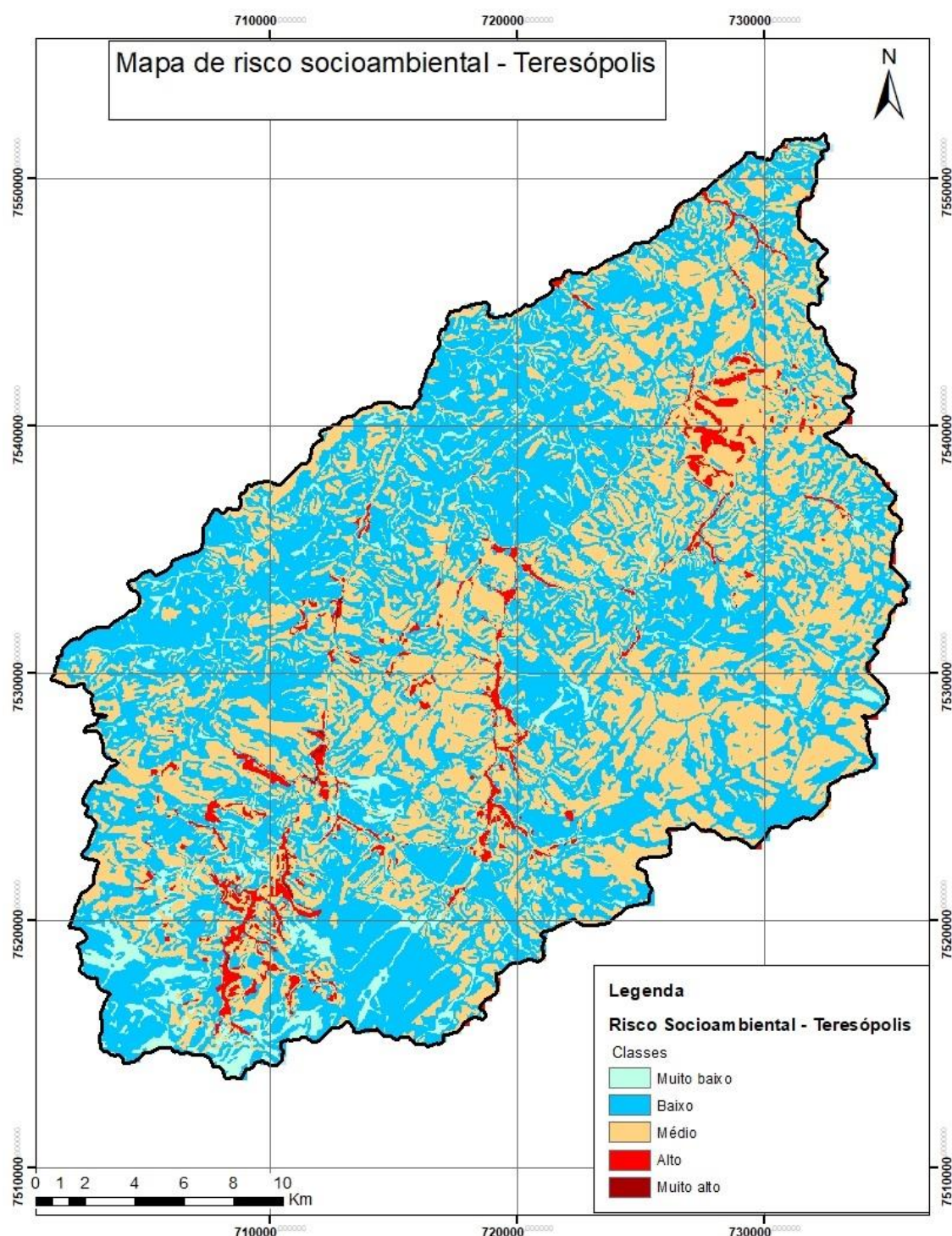


Figura 66: Mapa de risco socioambiental de Teresópolis  
 Fonte: Própria autora, 2018

Visualmente, é possível perceber uma grande quantidade de áreas classificadas em risco baixo e médio, e alguns pontos pulverizados de regiões de risco baixo e alto. Visando melhorar a qualidade da apresentação e fornecer dados mais acurados acerca das classes, convertimos as feições matriciais em vetoriais, provendo o mapa a seguir:



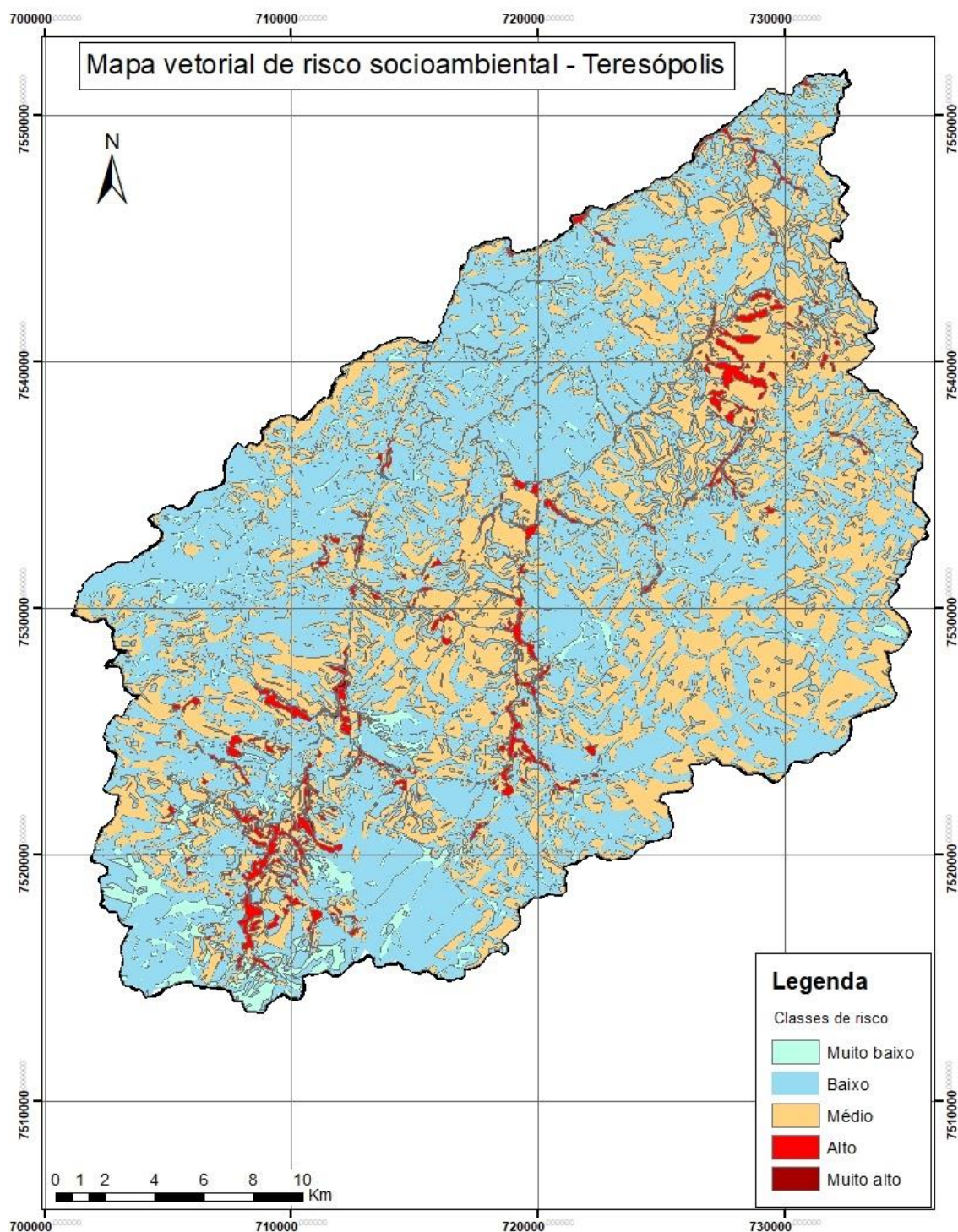


Figura 67: Mapa vetorial de risco socioambiental - Teresópolis  
 Fonte: Própria autora, 2018

Após a conversão, foi possível confirmar numericamente o caráter de risco médio-baixo que o município serrano apresenta. A tabela 35 demonstra a quantidade de área correspondente a cada classe em quilômetros quadrados e em porcentagem:

Tabela 35: Quantidade de área correspondente a cada classe de risco socioambiental

<b>Classes de risco</b>	<b>Área (km²)</b>	<b>Área (%)</b>
Muito baixo	43,58Km	5,67%
Baixo	400,39Km²	52,14%
Médio	301,83Km²	39,30%
Alto	21,57Km²	2,80%
Muito alto	0,51Km²	0,06%
<b>Total</b>	<b>767,88Km</b>	<b>100%</b>

Fonte: Própria autora, 2018

Através das informações supracitadas é possível observar que mais da metade da área do município (52,14%) apresenta risco socioambiental baixo, ou seja, o somatório de suas vulnerabilidades encontra-se entre os valores de risco de 10 a 12.

A segunda maior categoria do município é o risco médio, com 39,30%. Isso corresponde às regiões cujo somatório das vulnerabilidades apresentava-se entre os valores de risco 13 a 15.

As áreas de risco muito baixo e muito alto estão em menor quantidade, totalizando (somadas), pouco mais de 6% do território. As áreas de risco alto também apresentam pouco destaque no município, totalizando somente 2,80% do território.

### **6.3 Risco socioambiental nos distritos do município de Teresópolis**

Com base nos resultados encontrados, podemos alegar que o município de Teresópolis apresenta risco socioambiental de médio a alto. Esse risco, porém, é distinto para os três distritos que compõem o município. O mapa a seguir apresenta a representação espacial dos distritos de Teresópolis, Vale do Paquequer e Vale de Bonsucesso.

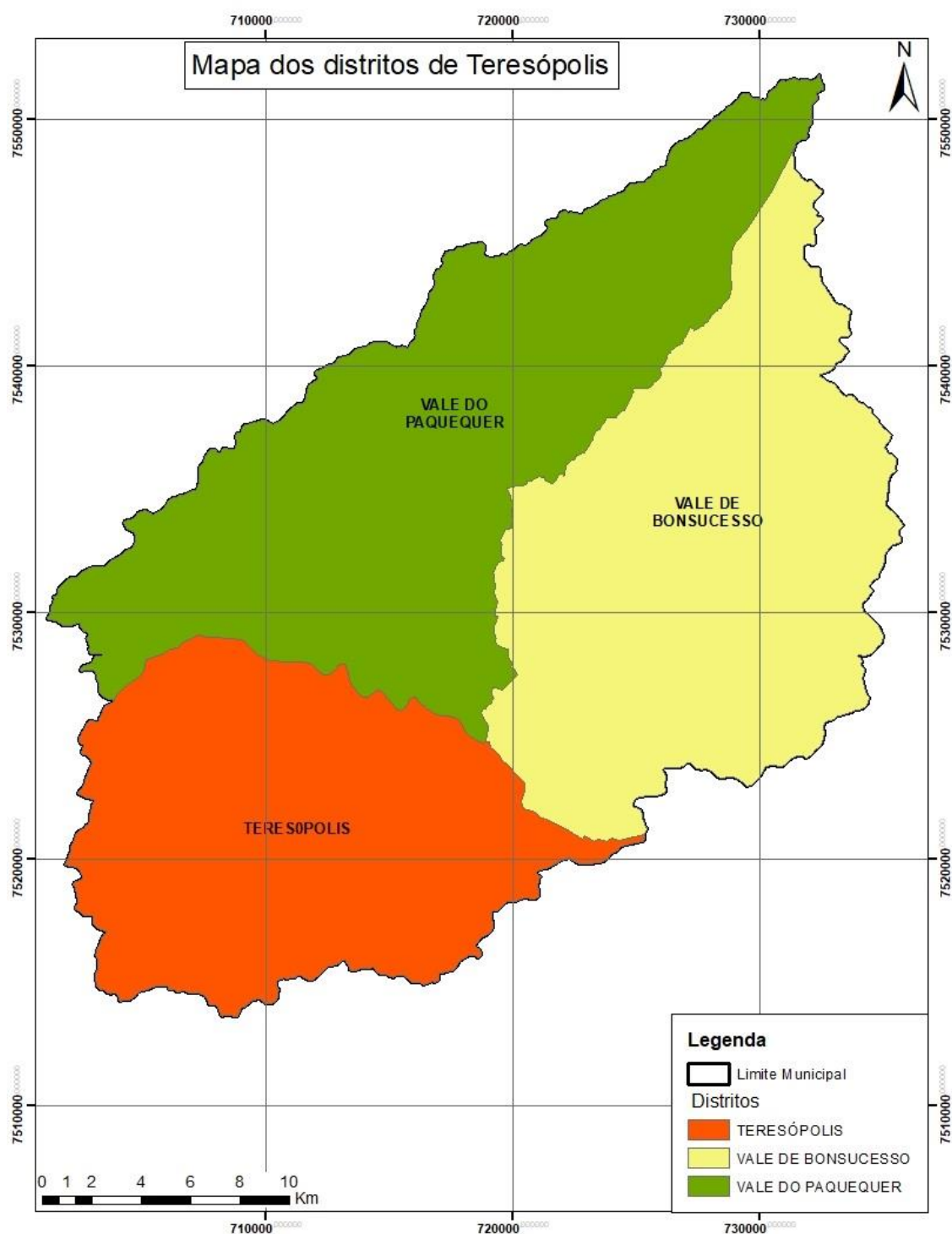


Figura 68: Mapa dos distritos de Teresópolis  
 Fonte: Própria autora, 2018

A divisão em distritos é uma forma de regionalização que estabelece a associação entre dinâmicas espaciais semelhantes num mesmo distrito.

O distrito de Teresópolis, apesar de ser o menor em termos de área (215,83 km<sup>2</sup>), apresenta 49 bairros e o maior número de setores censitários (183). Esses fatores contribuem para que Teresópolis seja o distrito mais populoso do município, totalizando, de acordo com os números do Censo 2010, 135.129

habitantes. O distrito de Teresópolis é a sede político-administrativa do município, onde localizam-se, por exemplo, a Prefeitura e Câmara dos Vereadores. Além disso, apresenta boa parte de sua área composta por área urbana já consolidada (IBGE, 2010).

O distrito do Vale do Paquequer, é considerado o segundo do município e caracteriza-se por ser uma área de cunho rural, onde localizam-se lavouras, granjas e fazendas. Em termos de extensão, é o maior dos três distritos, apresentando aproximadamente 287Km<sup>2</sup> de área. Mas em termos populacionais, é o mais vazio dos três, com apenas 12 bairros e 23 setores censitários, resultando no total de 11.939 habitantes (IBGE, 2010).

Por fim, o Vale do Bonsucesso é considerado o terceiro distrito do município, e também se localiza na zona rural do município. Sua área é de pouco mais de 267Km<sup>2</sup>, mas, assim como o Vale do Paquequer, apresenta poucos bairros (13) e apenas 27 setores censitários, totalizando 16.288 habitantes (IBGE, 2010).

### **6.3.1 Distrito de Teresópolis**

Tendo em vista as características básicas apresentadas, buscamos recalculas as áreas de risco socioambiental para cada um dos distritos. Para isso, realizamos novamente a vetorização da camada *raster*, como apresenta o mapa a seguir, em relação ao distrito de Teresópolis:



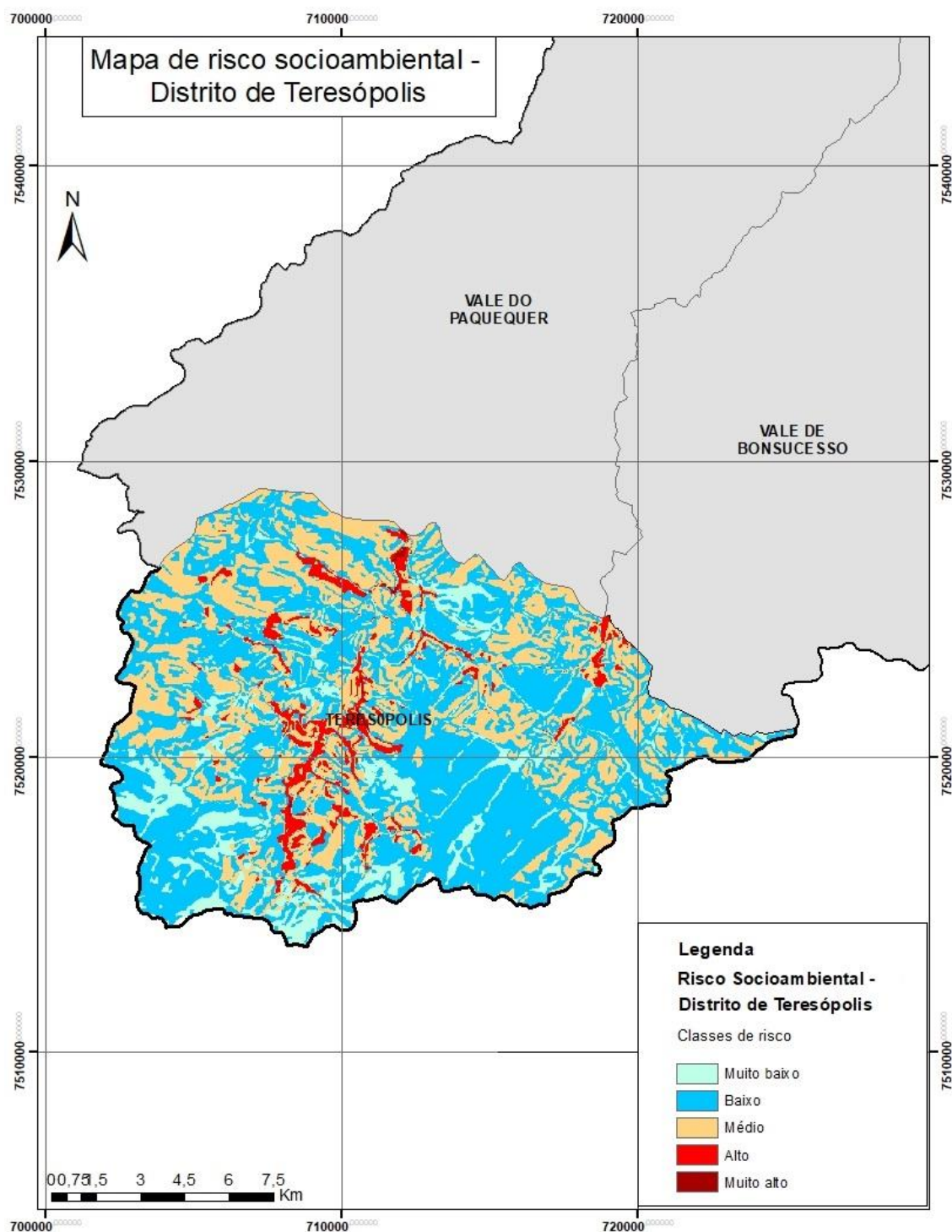


Figura 69: Mapa de risco socioambiental no distrito de Teresópolis  
 Fonte: Própria autora, 2018

De acordo com os resultados da vetorização, a maior parte do distrito apresenta risco médio, seguido pelo risco alto, como apresenta a figura 70:

Risco Socioambiental - Distrito de Teresópolis

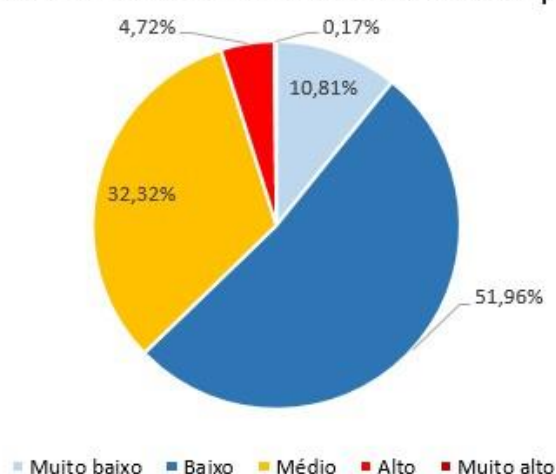


Figura 70: Gráfico de risco socioambiental no distrito de Teresópolis  
 Fonte: Própria autora, 2018

Os riscos muito baixo e muito alto apresentaram índices praticamente irrelevantes em relação ao restante das classes existentes no distrito. Pouco mais da metade do distrito apresenta risco baixo (51,96%) e boa parte apresenta risco médio (32,32%). Podemos aferir então que esse distrito apresenta risco socioambiental baixo-médio.

Existem alguns fatores que colaboram para esse resultado. A álgebra de mapas foi realizada com base numa adição simples entre as camadas de dados espaciais, visando justamente não ampliar a magnitude de nenhum dos aspectos analisados, fossem sociais ou ambientais. Assim sendo, é possível inferir qual dimensão foi mais preponderante na obtenção das classes supracitadas. Apresentamos na tabela a seguir os percentuais de cada categoria analisada, no que concerne ao distrito de Teresópolis:

Tabela 36: Percentuais de vulnerabilidade do distrito de Teresópolis

Classes	Movimentos de massa	Inundações	Usos do Solo	Vulnerabilidade social
<b>Áreas desconsideradas</b>	X	96,30%	6,56%	X
<b>Muito baixa</b>	X	X	70,51%	21,40%
<b>Baixa</b>	13,64%	0,24%	5,95%	22,92%
<b>Média</b>	43,55%	1,06%	1,22	32,91%
<b>Alta</b>	42,38%	2,40%	0,05%	22,75%
<b>Muito alta</b>	X	X	15,68%	0

Fonte: Própria autora, 2018

Consideramos importante reiterar alguns aspectos metodológicos que nos levaram aos valores apresentados na Tabela 36. A classificação dos movimentos

de massa e das inundações seguiu diretamente a apuração realizada pela CPRM. Em relação aos usos do solo, as percentagens apresentadas acima dizem respeito ao tipo de cobertura, como explicitado a seguir:

- i.* Áreas desconsideradas (sombra, água e afloramento rochoso)
- ii.* Muito baixa (áreas florestadas)
- iii.* Baixa (campos/pastagens)
- iv.* Média (agricultura)
- v.* Alta (solo exposto)
- vi.* Muito alta (área urbana)

E no caso da vulnerabilidade social, abordamos vários aspectos da fragilidade já expostos na presente pesquisa (acesso à infraestrutura de serviços públicos, renda, alfabetismo e quantidade de moradores).

Ao nos atentarmos à tabela 36, inferimos que as categorias potencializadoras do risco socioambiental do distrito são as de movimento de massa e de usos do solo. Os movimentos de massa de média e alta suscetibilidade somam 85,93% da área do distrito. Em relação ao uso do solo, por mais que o risco baixo seja a maior porcentagem, o risco muito alto (áreas urbanas) exerce grande influência do valor final. Por mais que as inundações aparentem valores irrisórios, dentre as áreas analisadas como propensas a inundações, a classe com maior percentual no distrito é aquela com alto risco. Esse fator também contribui para os resultados de risco socioambiental encontrados.

A vulnerabilidade social apresenta valores medianos em relação aos outros distritos, contribuindo muito mais para a classificação final de “risco socioambiental médio”, do que “risco socioambiental alto”.

### **6.3.2 Distrito do Vale do Paquequer**

Em relação ao segundo distrito, do Vale do Paquequer, a vetorização permitiu a seguinte apresentação, detalhada no mapa:

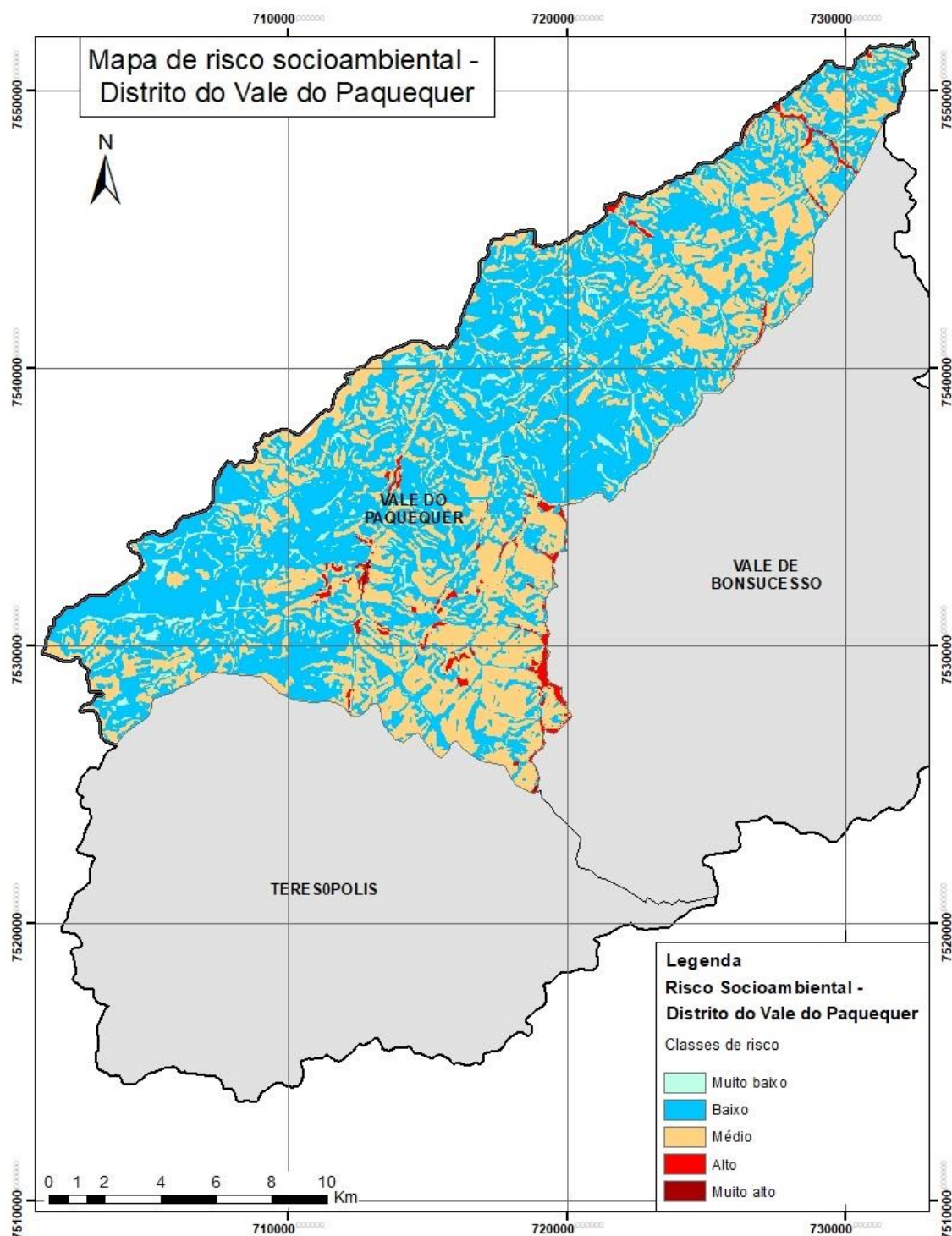


Figura 71: Mapa de risco socioambiental no distrito do Vale do Paquequer  
 Fonte: Própria autora, 2018

Assim como no distrito de Teresópolis, no Vale do Paquequer, a quantidade de áreas de risco baixo corresponde a mais da metade do distrito (58,66%). As áreas de risco médio também aparecem bem proeminentes. O gráfico da figura 72 apresenta os valores relativos a cada classe:

Risco Socioambiental - Distrito do Vale do Paquequer

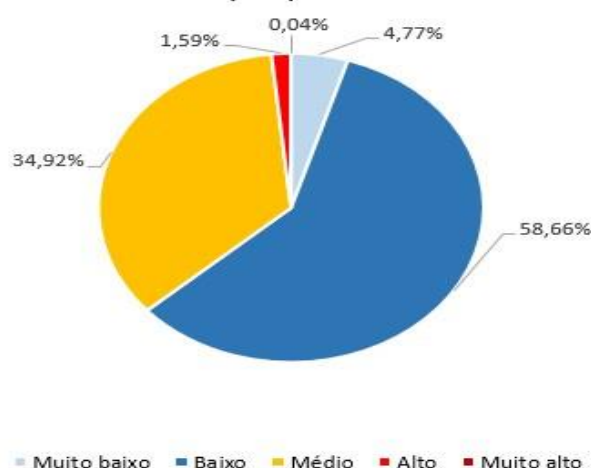


Figura 72: Gráfico de risco socioambiental no distrito do Vale do Paquequer  
Fonte: Própria autora, 2018

Nesse caso, as classes de risco “alto” e “muito alto” aparecem insignificantes em relação ao restante, totalizando pouco mais de 2% do total. A classe de risco muito baixo aparece de forma discreta, com 4,77%. Assim como o distrito de Teresópolis, as classes dominantes são as de risco baixo e médio. Na tabela 37 apresentamos o percentual de área de vulnerabilidade para cada categoria utilizada na análise da presente pesquisa:

Tabela 37: Percentuais de vulnerabilidade do distrito do Vale do Paquequer

Classes	Movimentos de massa	Inundações	Usos do Solo	Vulnerabilidade social
<b>Áreas desconsideradas</b>	X	96,58%	5,75%	X
<b>Muito baixa</b>	X	X	52,60%	0
<b>Baixa</b>	11,93%	0,15%	35,55%	37,40%
<b>Média</b>	47,22%	0,82%	4,73%	46,41%
<b>Alta</b>	40,41%	2,45%	0,04%	16,17%
<b>Muito alta</b>	X	X	1,29%	0

Fonte: Própria autora, 2018

O distrito do Vale do Paquequer apresenta maior diversidade geográfica. Existem muitas áreas rurais e periurbanas que, numericamente, acabam por destoar dos valores demonstrados anteriormente a respeito do distrito de Teresópolis.

Nesse caso, a quantidade de áreas com suscetibilidade média e alta a movimentos de massa permanece proeminente, bem como a de inundações com a maior parte de sua área mapeada nas classes altas. A vulnerabilidade social em

sua maioria média (46,41%) também influencia diretamente no percentual de risco socioambiental final.

O distrito do Vale do Paquequer tem mais áreas de campo/pastagem (35,55%), que configuram risco baixo, do que áreas florestadas, que apresentam risco muito baixo. Há grande diferença entre o percentual de área urbana do Vale do Paquequer e do distrito de Teresópolis, respectivamente: 1,29% e 15,68%. Esse sem dúvidas é um dos fatores que justifica a incidência um pouco maior do risco alto no distrito de Teresópolis (27,42% contra 25,64% do distrito do Vale do Paquequer).

### **6.3.3 Distrito do Vale de Bonsucesso**

Por fim, o distrito do Vale de Bonsucesso apresenta diferenças mais aparentes do que os dois outros distritos citados. É possível perceber essa diferenciação através do mapa a seguir:



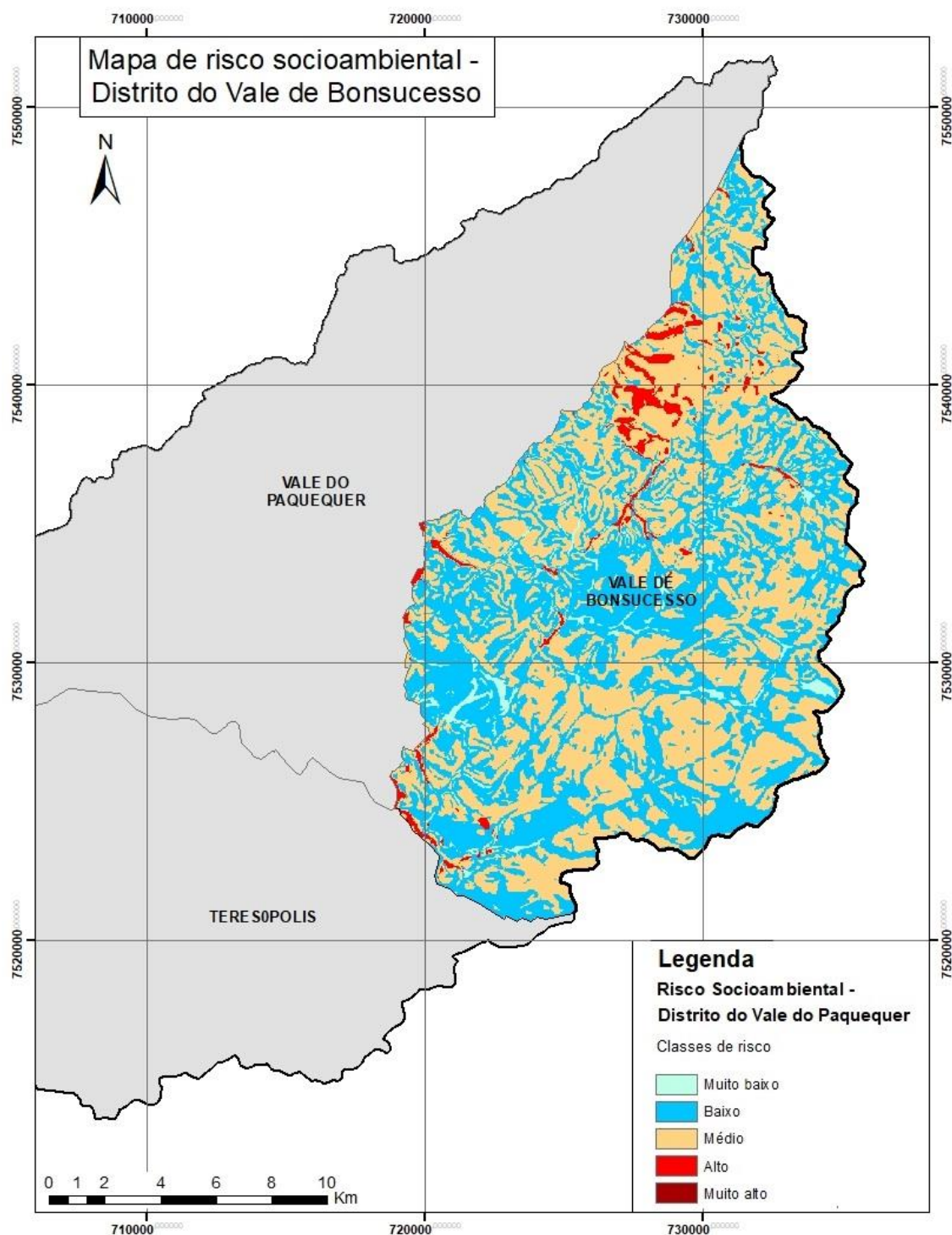


Figura 73: Mapa de risco socioambiental no distrito do Vale de Bonsucesso  
 Fonte: Própria autora, 2018

No Vale de Bonsucesso, a classe de risco “médio” é maior do que as apresentadas nos distritos de Teresópolis e Vale do Paqueta. A figura 74 demonstra em forma de gráfico, os resultados obtidos:

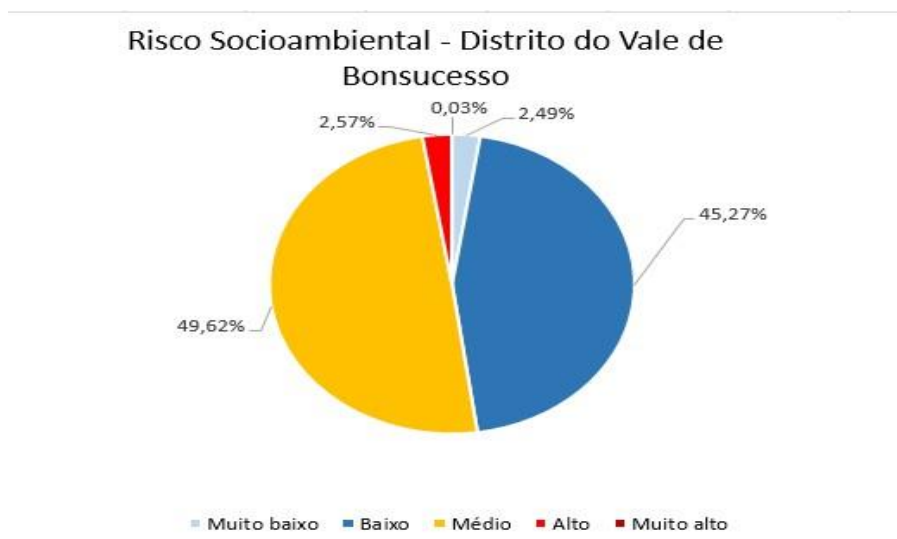


Figura 74: Gráfico de risco socioambiental no distrito do Vale de Bonsucesso  
Fonte: Própria autora, 2018

Nesse distrito, o risco “muito alto” é o menor dos três, com apenas 0,03% da área total. Já os riscos “baixo” e “médio” totalizam, somados, 94,89%, o que chama a atenção para as condições apresentadas pelo distrito. Na tabela 38 apresentamos os percentuais de vulnerabilidade para cada classe analisada:

Tabela 38: Percentuais de vulnerabilidade do distrito do Vale de Bonsucesso

Classes	Movimentos de massa	Inundações	Usos do Solo	Vulnerabilidade social
<b>Áreas desconsideradas</b>	X	97,84%	5,45%	X
<b>Muito baixa</b>	X	X	57,41%	1,26%
<b>Baixa</b>	11,30%	0,42%	27,22%	10,41%
<b>Média</b>	41,70%	0,59%	8,80%	49,82%
<b>Alta</b>	46,84%	1,15%	0	32,89%
<b>Muito alta</b>	X	X	1,09%	5,59%

Fonte: Própria autora, 2018

Algumas variáveis analisadas apresentaram valores de vulnerabilidade bem mais alto do que no primeiro e segundo distritos: no caso, por exemplo, dos movimentos de massa, que apresentaram maior percentual de áreas classificadas na classe alta (46,84%). Outro ponto importante de destaque é, sem dúvidas, a vulnerabilidade social: o distrito possui altos percentuais de vulnerabilidade média e alta, ultrapassando os números dos distritos de Teresópolis e do Vale do Paqueta. Desse modo, Vale de Bonsucesso configura-se no distrito com mais áreas de risco socioambiental alto.



Buscando exemplificar melhor a diferenciação entre os três distritos supracitados, apresentamos na tabela 39 a seguir, o tamanho das áreas e o valor das porcentagens correspondentes às classes de risco socioambiental estabelecidas:

TABELA 39: Classificação das áreas de risco socioambiental dos distritos de Teresópolis, Vale do Paquequer e Vale do Bonsucesso

Risco	Distrito Teresópolis		Distrito do Vale do Paquequer		Distrito do Vale do Bonsucesso	
	Km	%	Km	%	Km	%
<b>Muito baixo</b>	23,22Km	10,81%	13,68Km	4,77%	6,66Km	2,49%
<b>Baixo</b>	111,61Km	51,96%	167,95Km	58,66%	120,76Km	45,27%
<b>Médio</b>	69,42Km	32,32%	100,00Km	34,92%	132,36Km	49,62%
<b>Alto</b>	10,14Km	4,72%	4,56Km	1,59%	6,86Km	2,57%
<b>Muito Alto</b>	0,37Km	0,17%	0,12Km	0,04%	0,09Km	0,03%
<b>Total</b>	215,81Km	100%	287,71Km	100%	267,31Km	100%

Fonte: Própria autora, 2018

Com base em nossa análise, o demonstrativo numérico apresenta algumas características importantes acerca dos distritos que compõem o município de Teresópolis. O primeiro distrito, de Teresópolis, é o menor em área total, mas ao mesmo tempo é o que apresenta o maior percentual de risco alto (4,72%) dos três distritos analisados. Simultaneamente, é o distrito com maior percentual de áreas de risco muito baixo (10,81%).

O segundo distrito, do Vale do Paquequer, é o maior dos três em área, apresentando o maior percentual de risco baixo (58,66%), demonstrando que é, de fato, uma área de povoamento incipiente em relação ao distrito de Teresópolis. Além disso, apresentou o menor percentual de risco alto (1,59%) do município.

Por fim, o terceiro distrito, do Vale de Bonsucesso, é o que apresenta maior percentual de áreas de risco médio (49,62%) e menor percentual de áreas de risco muito alto (0,03%) do município.

## 6.4 Discussões

As informações demonstradas na carta de suscetibilidade a movimentos de massa, disponibilizada pela CPRM (2014), consideraram 43,34% do município como “alto risco” de deslizamentos e 44,44% como “médio risco”. Por conta dessa classificação para uma grande extensão da área de Teresópolis, houve uma distribuição equilibrada dos pesos referentes à essas classes (4 e 6). Logo, essa

variável teve papel de destaque na álgebra de mapas, elevando o peso de boa parte do território analisado.

Já no caso da suscetibilidade a inundações, o mapeamento só foi realizado nas proximidades dos principais corpos hídricos do município. Desse modo, apenas 3,07% da área do município foi categorizada em alguma classe de suscetibilidade, recebendo então os valores por nós designados: 2, para as classes muito baixas, 4 para as médias e 6 para as muito altas. O restante do território (96,93%) recebeu valor 1, pois não foi possível relacioná-lo a nenhuma classe. Logo, essa variável rebaixou o valor do risco para a maior parte do município.

No que diz respeito aos usos do solo, os resultados obtidos revelaram algumas contradições espaciais. Por exemplo, o distrito de Teresópolis, que concentra o núcleo urbano consolidado, foi a localidade que também apresentou o maior percentual de áreas florestadas (70,51%). Esse fato se dá, porque boa parte do Parque Nacional da Serra dos Órgãos está contida no distrito em questão. Nos outros distritos (Vale do Paquequer e de Bonsucesso), onde as características são mais rurais e periurbanas, e existem núcleos populacionais pulverizados, o percentual de áreas verdes florestadas foi menor (52,60% e 57,41%, respectivamente). Pode-se inferir que as áreas verdes deram lugar aos campos/pastagens e às áreas agrícolas. Ainda assim, os três distritos demonstraram que mais da metade de sua extensão é composta por áreas florestadas.

O destaque que as áreas florestadas apresentam no município pode ser justificado pela existência de Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável. De acordo com a Fundação SOS Mata Atlântica (2017), as UCs de Proteção Integral são as do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), do Parque Nacional dos Três Picos e do Parque Natural Municipal Montanhas de Teresópolis. Apenas essas unidades já correspondem a cerca de 20% da área do município.

Já nas Unidades de Uso Sustentável temos as APAs (Áreas de Proteção Ambiental) da bacia dos Frades e do Jacarandá, além das Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN) Maria Francisca Guimarães e Fazenda Suspiro, que abrangem aproximadamente 9% do território (SILVA, 2012).

Seguindo a lógica de pesos estabelecidos, as áreas de vegetação arbustiva e florestada (vegetações secundárias, comunidades relíquias e reflorestamento) recebiam peso 2. Desse modo, os usos do solo em mais da metade do município (59,30%) foram calculados com o segundo menor valor. Esse fator também foi

responsável pela diminuição do valor de risco socioambiental durante o procedimento de álgebra de mapas.

A terceira e última frente de dados foram as variáveis censitárias, cuja manipulação levou aos resultados referentes à vulnerabilidade social. O tratamento aplicado a esses dados precisou de métodos mais complexos, pois foram utilizadas diversas variáveis acerca de infraestrutura urbana, número de moradores, renda e alfabetismo. Nesse primeiro momento da pesquisa, o limite geográfico utilizado para a busca de resultados foi o setor censitário. A maior parte dos setores demonstrou vulnerabilidade social baixa e média. Ao transferirmos isso para a área total do município, a classe de vulnerabilidade média é a que mais aparece, com 43,81%, seguida pela baixa (23,99) e pela alta (23,81%). Valores tão próximos de classes tão díspares, como a baixa e a alta sugerem a existência de disparidades socioeconômicas no município, que são comprovadas quando investigamos os percentuais por distritos.

O terceiro distrito, do Vale de Bonsucesso, é caracterizado como o distrito rural do município e, apesar de ter núcleos populacionais dispersos, foi o que apresentou a maior vulnerabilidade social. Inclusive, o setor censitário com maior vulnerabilidade do município localiza-se no distrito de Bonsucesso. Nesse caso, 49,62% do distrito apresentou vulnerabilidade média, a maior dos três distritos.

A tragédia de 2011 que assolou o município de Teresópolis foi particularmente problemática no distrito do Vale de Bonsucesso. Muitas casas, culturas, sítios e estruturas fundiárias foram destruídas principalmente por conta das inundações (MMA, 2011). É curioso notar, porém, que o distrito configura o menor percentual de áreas de alto risco de inundação (apenas 1,15%), ao contrário do distrito de Teresópolis e do Vale do Paquequer, que apresentam respectivamente 2,40% e 2,45%. Essa aparente contradição pode ser explicada pela ilegalidade das construções em relação às determinações do Código Florestal acerca de ocupações nas proximidades das margens dos rios. De acordo com a Lei nº 12.651/2012, a faixa marginal de proteção dos rios deve proceder da seguinte forma:

- i.* 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- ii.* 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- iii.* 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

- iv. 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- v. 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

Com base nisso, as figuras 75 e 76 exibem o antes e depois de uma determinada área ocupada irregularmente nas margens de um curso d'água:



Figura 75: Áreas de construção dentro da APP, localidade de Bonsucesso – Teresópolis  
Fonte: MMA, 2011

A área pontilhada em amarelo configura a Área de Proteção Permanente e, como pode ser observado, nessa região também existem culturas e moradias instaladas de forma irregular segundo o Código Florestal.

A figura 76 apresenta a mesma região, após o desastre de 2011:



Figura 76: Áreas de construção irregular em APP após o desastre de 2011, localidade de Bonsucesso – Teresópolis  
Fonte: MMA, 2011

A área mais atingida pela inundação foi aquela localizada dentro da APP. Além dos prejuízos materiais e econômicos, segundo o MMA (2011), no distrito de Bonsucesso foram contabilizados 40 mortos.

Mas não foi só o distrito rural do Vale de Bonsucesso que apresentou prejuízos. O distrito de Teresópolis apresentou maior percentual de risco socioambiental alto do município (4,72%). Por exemplo, o bairro da Granja Florestal, sofreu com os deslizamentos. Nesse caso, a ocupação irregular ocorreu em áreas com declividade entre 30° e 70°, locais que favorecem os movimentos de massa. Na figura 77, temos a imagem do bairro antes do deslizamento:



Figura 77: Construções em áreas de risco no bairro da Granja Florestal, distrito de Teresópolis  
Fonte: MMA, 2011

Além das construções estarem em áreas de altas declividades, também foram realizados cortes no morro para a construção de moradias, potencializando ainda mais o risco da deflagração de movimentos de massa (MMA, 2011).

A figura 78 apresenta a mesma área após os eventos de 2011:



Figura 78: Bairro da Granja Florestal após os deslizamentos de 2011, distrito de Teresópolis – Teresópolis  
Fonte: Adaptado de MMA, 2011



É possível perceber que alguns movimentos de massa ocorreram justamente nos cortes realizados pela intervenção antrópica. A conjunção desses fatores gerou prejuízos de ordem material e humana na região. A imagem 79 mostra o registro de uma das áreas mais atingidas pelos deslizamentos:



Figura 79: Localidade no bairro da Granja Florestal atingida pelos deslizamentos  
Fonte: MMA, 2011

Os eventos extremos ocorridos em 2011 na Região Serrana nos dão a dimensão dos prejuízos que podem ser causados pela displicência no gerenciamento de possíveis riscos. Além da perda de vidas, os gastos públicos para reconstrução acabam sendo muito maiores do que seriam os investimentos em prevenção. Segundo a CGU (2012), após os eventos de 2011, foram disponibilizados, para a Região Serrana, R\$21 milhões para alugueis sociais e mais de R\$28 milhões para remoção de escombros e corpos. Só no município de Teresópolis foram mais de R\$ 6 milhões de reais gastos em reconstrução de pontes e mais de R\$600 mil no reparo de escolas públicas.

Entende-se que os desastres de 2011 foram eventos potencialmente danosos e específicos, porém, regularmente há notícias acerca de perdas por conta das consequências dos desastres naturais, sejam eles de maior ou menor potencial ofensivo.

Historicamente, o distrito de Teresópolis consolidou sua área urbana antes do restante do município. Mas, ainda assim, apresenta muitas áreas de crescimento desordenado em áreas de risco, como é o caso da Granja Florestal.

Importante ressaltar que, segundo estudo da o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM, 2015), o município de Teresópolis é o décimo quarto mais desenvolvido socioeconomicamente do estado do Rio de Janeiro. Em

contrapartida, de acordo com dados do Tribunal de Contas do Estado (2004), a cidade serrana teve o segundo maior índice de população morando em favelas de todo o estado, perdendo somente para Rio das Ostras. Teresópolis é o quinto município do estado com maior número bruto de moradores em favelas.

O processo de crescimento do município se relaciona diretamente com a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Nesse sentido, Teresópolis é considerada uma cidade periurbana da Região Metropolitana. Os números confirmam essa tendência, e mais de 40% da população migrante do município é oriunda da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RUA e RANDOLPH, 2014).

Interessante destacar que dos 24 aglomerados subnormais identificados no município, apenas 1 encontra-se no distrito do Vale do Paquequer. Todos os outros 23 aglomerados localizam-se no distrito de Teresópolis, o mais urbanizado do município (IBGE, 2010). Ainda assim, o distrito do Vale de Bonsucesso possui percentual maior de áreas com alta vulnerabilidade social.

A partir disso podemos esboçar que a suscetibilidade a movimentos de massa e inundações se dá de forma semelhante nas duas localidades. Porém, mesmo que o distrito do Vale de Bonsucesso não possua nenhum aglomerado subnormal identificado, a sua vulnerabilidade social ainda é maior do que a do distrito de Teresópolis. O IBGE (2010, n.p.) define aglomerado subnormal da seguinte maneira:

É o conjunto constituído por 51 ou mais unidades habitacionais caracterizadas por ausência de título de propriedade e pelo menos uma das características abaixo:

- Irregularidade das vias de circulação e do tamanho e forma dos lotes e/ou
- Carência de serviços públicos essenciais (como coleta de lixo, rede de esgoto, rede de água, energia elétrica e iluminação pública).

Como visto ao longo da presente pesquisa, muitos setores censitários localizados no distrito do Vale de Bonsucesso careciam de infraestrutura básica, como esgotamento sanitário, coleta de lixo, dentre outros. Porém, por conta da população rarefeita no distrito, essas localidades não se configuram como aglomerados subnormais, segundo a definição apresentada pelo IBGE.

Isso reitera que não devemos nos ater somente à classificação de aglomerados para compreender a vulnerabilidade social à qual uma determinada população está exposta, pois no Vale de Bonsucesso não há nenhum aglomerado cadastrado, mas a sua vulnerabilidade social é maior do que o distrito de Teresópolis, que apresenta 23 aglomerados subnormais.

Após a investigação aprofundada dos resultados obtidos através da presente pesquisa, pode-se analisar alguns aspectos da realidade geográfica apresentada pelo município.

Em primeiro lugar, o distrito mais urbanizado (Teresópolis), foi o que apresentou mais áreas de risco “alto”. Ainda que o percentual em relação ao território (4,72%) não seja disseminado, é importante dar atenção aos aspectos socioambientais que compuseram esse valor nessas áreas. Em contrapartida, o mesmo distrito apresentou o maior percentual de risco socioambiental “muito baixo” (10,81%). Nesse sentido, constatamos que o distrito possui infraestrutura pública suficiente para a maior parte da população (em termos de coleta de lixo, abastecimento de água, esgotamento sanitário, dentre outros). Além disso, a renda dos moradores desse distrito é superior aos outros dois, diminuindo também a sua vulnerabilidade social frente a algum possível desastre natural.

Uma das principais conclusões a que chegamos, após a obtenção dos resultados, é que na realidade espacial de Teresópolis, o risco socioambiental configura-se por ser médio-baixo. Apesar de o risco médio, numa primeira vista, aparentar ser menos danoso, deve-se lembrar que ele configura uma sobreposição de vulnerabilidades que variam de 13 a 15, fato que já não deve ser ignorado.

Um dos principais pontos de apoio da presente pesquisa foi a carta de suscetibilidade produzida pela CPRM (2014) e que, de forma muito competente, foi capaz de nos prover informações fundamentais no domínio ambiental.

O mapeamento do INEA (2015) de uso e cobertura do solo, apesar de possuir um aspecto muito mais biológico que geográfico em sua classificação, agilizou o processo de construção do mapa de risco, facilitando a obtenção de nossos resultados.

Consideramos os dados do Censo 2010 completos, seguros e fundamentais à conclusão da pesquisa. Porém, infelizmente, a maioria das pesquisas censitárias apresentam certa lacuna temporal. No caso brasileiro, só acontece de 10 em 10 anos, o que coloca, inevitavelmente, uma margem de erro a ser considerada nos resultados da pesquisa.

Mesmo que as três frentes de dados utilizadas fossem oriundas de diferentes anos, consideramos que foi possível estabelecer uma correlação real e ponderada entre elas, obtendo assim resultados confiáveis.

Um dos desafios que se apresentaram ao decorrer do trabalho foram as informações rarefeitas acerca principalmente dos distritos do Vale do Paquequer e do Vale de Bonsucesso. Existem muitas pesquisas realizadas no município,



mas, nesse caso em específico, fez falta uma literatura menos técnica e mais aprofundada acerca da realidade desses dois distritos.

Outra limitação que se apresentou foi a necessidade de parearmos os pesos para que fosse possível concluir a classificação de risco. Esse percalço se deu por conta da diversidade de fonte de dados que utilizamos em nossa pesquisa e que não se equiparavam por si só. Assim, valores ficaram sem classes relativas porque não foi possível estabelecer a comparação qualitativa entre eles. Porém, esse fator não impediu que a metodologia proposta fosse aplicada, só tornou necessário a equiparação dos valores com as classes já existentes.

A utilização da suscetibilidade a inundações foi uma decisão difícil, pois pelo fato do mapeamento ser realizado somente nos principais corpos hídricos, uma grande área do município recebeu peso 1, consequentemente baixando o risco socioambiental dessas regiões. Porém, num município que apresenta tantas vulnerabilidades ambientais e problemas de ocupação, não poderíamos dispensar esse fator sem com isso tornar os resultados incompletos. Como coloca Avzaradel (2015, apud TERESÓPOLIS, 2006):

Em Teresópolis, a ocupação das encostas é particularmente grave, pois o terreno é fortemente ondulado e a retirada da cobertura vegetal pode provocar danos irreparáveis à população e ao meio ambiente. Cada vez mais a cidade “sobe os morros” de forma aleatória e desordenada.

Da mesma forma, as áreas de preservação permanente – APP, localizadas nas faixas marginais dos cursos de água, não são respeitadas. A ocupação das margens acontece em todas as classes sociais, seja utilizando-a para a ampliação de gramados e área de recreação, no caso dos bairros de população mais rica e nos condomínios horizontais, seja construindo até o limite do leito do curso de água, no caso da classe média e pobre (p. 1.786).

Assim, consideramos indispensável a utilização do fator ‘inundação’ na análise de risco socioambiental do município.

Com base nos resultados apresentados através da presente proposta metodológica, foi possível compreender de forma mais acurada a realidade espacial do município de Teresópolis, investigando seus aspectos naturais e sociais.

## **7. Considerações Finais**

Através das análises propostas e da metodologia aplicada na presente pesquisa, foi possível aprofundar o nível da discussão acerca do risco socioambiental, bem como, traçar novos paralelos sobre a relação sociedade-natureza.

A proposta de utilização da álgebra de mapas para o desvelamento da realidade geográfica de Teresópolis mostrou-se eficaz e permitiu a descoberta de resultados originais e diferenciados no que diz respeito à realidade socioambiental do município.

Dentro da proposta metodológica apresentada, acreditamos ser possível compor a estruturação do risco socioambiental através de diversas variáveis, dentre as quais, àquelas que melhor se adequarem ao objetivo do pesquisador.

A aplicabilidade da metodologia exibida pode ser validada em outras áreas, que possuam distintas realidades geográficas, como por exemplo, em locais mais planos ou com maior número de rios e demais corpos hídricos.

Para trazer maior validação dos resultados, pode-se também utilizar mapeamentos de ocorrência dos movimentos de massa na área que serve como objeto de estudo.

É possível também realizar um mapeamento de uso e cobertura derivado de imagens de alta resolução e, conseqüentemente, mais detalhado nos aspectos sociais, subdividindo as áreas ocupadas em aglomerados subnormais, áreas urbanas consolidadas e áreas periurbanas, por exemplo.

Futuramente seria interessante também utilizar dados censitários mais atualizados e possivelmente mais completos, derivados do Censo 2020, que utilizará novas tecnologias de coleta de dados.

Além disso, com os resultados apresentados e validados, é possível, futuramente, traçar paralelos entre os riscos socioambientais e o Plano Diretor do município, bem como embasar as ações do poder público em relação à ocupação do solo e à contenção dos riscos.

A união de variáveis naturais e sociais é um procedimento corriqueiro dentro da análise geográfica, pois não podemos avaliar de forma completa o espaço geográfico através um único viés. Reiteramos a importância da Geografia para a sociedade, mas compreendemos também que, muitas vezes, o escopo teórico fica restrito aos debates acadêmicos, sem servir de forma prática à melhoria da vida humana em sociedade.

Acreditamos que a proposta de metodologia apresentada possa contribuir de forma mais significativa para a análise do risco socioambiental, principalmente nos municípios brasileiros, onde os desastres naturais quase sempre estão intrinsicamente ligados aos aspectos sociais da população ou mesmo à falta de planejamento e infraestrutura pública.

## 8. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002.

ALENCAR, J. **O Guarani**. 4. ed. São Paulo: Martin Claret, 2012.

ALMEIDA, C. M. Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano regional. **Revista Eletrônica de Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, n. 3, p. 98- 123, 2010.

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 28, p. 135-150, 1998.

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos**: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, São Paulo, 2010.

ANDREAZZI, M. A. R.; BARCELLOS, C.; HACON, S. Velhos indicadores para novos problemas: a relação entre saneamento e saúde. **Revista**

**Panamericana de Salud Publica.** Washington, n. 22(3), p. 211-217, 2007.

AVZARADEL, P. C. S. Desastres naturais às margens dos rios e legislação florestal na sociedade de risco: uma análise da tragédia de 2011 em Teresópolis. **Revista Quaestio Iuris**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 1781-1814, 2015.

BARBOSA, C. C. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento.** 1997. Dissertação de Mestrado – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo, 1997.

BECK, U. **La sociedad del riesgo:** hacia una nueva modernidad. Madrid: Paidós, 1998.

BECK, U. **Risk society:** towards a new modernity. Londres: Sage Publications, 1992.

BEZERRA, K. R. A. **Os fatores influenciadores da vulnerabilidade socioeconômica e ambiental no Ceará:** uma avaliação político-institucional. 2017. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2017.

BINI, G. M. P. *et al.* Segmentação de cicatrizes de movimentos de massa baseado em análise orientada a objeto geográfico para o médio vale do rio Itajaí-Açu/SC. *In.*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 11. 2016. **Geomorfologia:** compartimentação de paisagem, processo e dinâmica. Paraná: União da Geomorfologia Brasileira, 2016.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. *In.*: GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. **Erosão e conservação dos solos:** conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRASIL. **Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2001. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm). Acesso em: 21 maio 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais**. Brasília: CENAD, 2012.

BUENO, M. C. D. **Grade estatística**: uma abordagem para ampliar o potencial analítico de dados censitários. 2014. Tese (Doutorado em demografia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2014.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of geographic information systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CALVELLO, M.; CASCINI, L.; MASTROIANNI, S. Landslide zoning over large areas from a sample inventory by means of scaledependent terrain units. **Geomorphology**, [s.l.], v. 182, p. 33-48, 2013.

CÂMARA, G., *et al.* Técnicas de inferência geográfica. *In.*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 241-288.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (org.). **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil**: estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO, Departamento de Defesa Civil, 1998. 283 p.  
CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. Riscos ambientais e Geografia: conceituações, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 28-2, p. 11-30, 2005.

CAVALCANTE, H. P. M. O acesso à energia elétrica no Brasil sob a ótica do desenvolvimento como liberdade. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 58-86, jul./dez. 2013.

CAVENDON, A. D.; SHINZATO, E.; JACQUES, P.D. **Projeto Porto Seguro-Santa Cruz Cabralia**: levantamento de reconhecimento de solos, capacidade de uso das terras e uso do solo e cobertura vegetal. Salvador: CPRM/SA, 2000. 94 p.

CEPERJ. **Mapa de Regiões de Governo e municípios do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Fundação CEPERJ, 2014. Disponível em: [http://www.ceperj.rj.gov.br/noticias/Mar\\_14/27/novo\\_mapa.html](http://www.ceperj.rj.gov.br/noticias/Mar_14/27/novo_mapa.html). Acesso em: 01 fev. 2018.

CGU/SEDEC. Atuação do governo do Estado do Rio de Janeiro na região da Serra Fluminense (Região Serrana). **Relatório de Fiscalização**: 2011/15378. [Rio de Janeiro]: [CGU/SEDEC], 2012. 144 p. Versão definitiva.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOPHERSON, R. **Geossistemas**: uma introdução à geografia física. 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in environmental management**. Oxford: Claredon Press, 1990. 410 p.

COPPETEC. **Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro**: ocorrências de desastres naturais entre 2000 e 2012 por Região Hidrográfica. Rio de Janeiro: Fundação COPPETEC, 2014. 120 p. v. 2.

CORDEIRO, J. P.; *et al.* Álgebra de campos e objetos. *In.*: FUCKS S. D.; *et al.* **Análise espacial de dados geográficos**. 3. ed. São José dos Campos, INPE, 2003. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Acesso em: 03 jan. 2019.

CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano**. 3. ed. São Paulo: Ática, 1995.

COSTA, D. P.; SILVA, B. N. Aplicação de geotecnologias na análise espaço-temporal intra-urbana de Teresópolis, RJ. *In.*: GERARDI, Lucia Helena de Oliveira; CARVALHO, Pompeu Figueiredo de (org.). **Geografia: ações e reflexões**. Rio Claro: UNESP/IGCE; AGETEO, 2006. 434 p.

CPRM SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações 1:25.000**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília: CPRM Serviço Geológico Brasileiro, 2014.

CPRM SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO. **Serviço Geológico Brasileiro**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>. Acesso em: 04 fev. 2018.

CUNHA, J. M. P. Retratos da mobilidade espacial do Brasil: os censos demográficos como fonte de dados. **Rev. Inter. Mob. Hum.**, Brasília, ano 20, n. 39, p. 29-50, jul./dez, 2012.

CUNHA, L. Vulnerabilidade: a face menos visível do estudo dos riscos naturais. *In*: RISCOS NATURAIS, ANTRÓPICOS E MISTOS: homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2014. p. 153-165.

CUTTER, S. L. ; BORUFF, B. J. ; SHIRLEY, W. L. Social vulnerability to environmental hazards. **Social science quarterly**, Columbia, n. 84 (1), p. 242-261, 2003.

CUTTER, S. L. The vulnerability of science and the science of vulnerability. **Annals of the Association of American Geographers**, Whashington, n. 93(1), p. 1–12, 2003.

CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in human Geography**, Columbia, v. 20, n. 4, p. 529-539, dec, 1996.

DAGNINO, R. S.; JUNIOR, S. C. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e estudos da paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 51-87, jul./dez. 2007.

DANNI, L. S. *et al.* A exclusão no acesso aos serviços de energia elétrica no Brasil. **Revista do TCU**, Brasília, n. 99, p. 32-41, jan./mar. 2004.

DANTAS, M. E. *et al.* **Diagnóstico geoambiental do estado do Rio de Janeiro**. CPRM: Rio de Janeiro, 2001.

DAVIS, B. E. **GIS: a visual approach**. 2. ed. New York: OnWord Press, 2001. 448 p.

DUBOIS-MAURY, J.; CHALINE, C. **Les risques urbains**. 2. ed. Paris: Armand Colin, 2004.

EAKIN, H.; LUERS, A. L. Assessing the vulnerability of socialenvironmental systems. **Annual review of environmental resources**, California, v. 31, p. 364-394, 2006.

EASTMAN, J. R.; *et al.* Raster procedures for multicriteria/multi-objective decisions. *In.*: PHOTOGRAMMETRY ENGINEERING & REMOTE SENSING, [Connecticut], v. 61, n. 5, p. 539-547, 1995.

EMBRAPA. **Análise de vulnerabilidade ambiental**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.

EMBRAPA. **Súmula da 10**: reunião técnica de levantamento de solos. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. 83 p.

ESTEVES, C. J. O. Risco e vulnerabilidade socioambiental: aspectos conceituais. **Cad. IPARDES**, Curitiba, v.1, n.2, p. 62-79, jul./dez, 2011.

FARAH, F.. **Habitação e encostas**. São Paulo: IPT, 2003. 311 p.

FAVRIN, V. G. **As geotecnologias como instrumento de gestão territorial integrada e participativa**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.



FELL, R. *et al.* Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. **Engineering Geology**, [California], v. 102, p. 83-111, 2008.

FERNANDES, N. F. *et al.* Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. *In.*: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (coord.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 123-194.

FERNANDES, R. R.; NUNES, G. M.; SILVA, T. S. F. Classificação orientada a objetos aplicada na caracterização da cobertura de terra do Araguaia. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1251-1260, set, 2012.

FILHO, K. Z.; MARTINS, J. R. S.; PORTO, M. F. A. **Custos das enchentes urbanas**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

FIOCRUZ. **Mapa da vulnerabilidade da população dos municípios do Estado do Rio de Janeiro frente às mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2014. 153 p.

FIRJAN. **Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal**. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/ifdm/>. Acesso em: 31 jan. 2019.

FUNDAÇÃO CEPERJ. **Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro**: taxa média geométrica de crescimento anual, taxa de urbanização e densidade demográfica, segundo as regiões de governo e municípios 1991/2000 e 2000/2010. Rio de Janeiro: CEPERJ, [2013].

GALHARTE, C. A.; VILLELA, J. M.; CRESTANA, S. Estimativa da produção de sedimentos em função da mudança de uso e cobertura do solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Paraíba, v. 18, n. 2, p. 194–201, 2014.

GAZE, F. N. **Aplicação do método Kernel de densidade na modelagem lagrangiana da trajetória e evaporação da mancha de óleo em águas rasas**. 2009. Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, 2009.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. São Paulo: UNESP, 1991.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta metodológica para o mapeamento de áreas de risco à inundação: estudo

de caso do município de Rio Negrinho, SC. **Boletim geográfico**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-100, 2012.

GONÇALVES, R. W.; PINHEIRO, P. R.; FREITAS, M. A. S. Métodos multicritérios como auxílio à tomada de decisão na bacia hidrográfica do rio Curu, Estado do Ceará. *In.*: ANAIS DO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Curitiba: ABRH, 2003.

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental. *In.*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

HAKKERT, R. **Fontes de dados demográficos**. Belo Horizonte: ABEP, 1996.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. **O manual do deslizamento: um guia para a compreensão de deslizamentos**. Virginia: Geological Survey, 2008.

HOGAN, D. J. *et al.* Urbanização e vulnerabilidade socioambiental: o caso de Campinas. *In.*: HOGAN, D. J.; et al. (org.) **Migração e ambiente nas aglomerações urbanas**. Campinas: NEPO/UNICAMP, 2001. p.395-418.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society America Bulletin**, Virginia, vol. 56(3), p. 275-370, 1945.

IBGE. **Base de informações do censo demográfico 2010: resultados do universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: Centro de Documentação e Disseminação de Informações, 2011.

IBGE. **Censo demográfico 2010: aglomerados subnormais, informações territoriais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros: coordenação de população e indicadores sociais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 61 p.

IBGE. **Pesquisa de informações básicas municipais MUNIC**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INDICADOR de alfabetismo funcional INAF: estudo especial sobre alfabetismo e mundo do trabalho. Instituto São Paulo: Paulo Montenegro, 2016.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal>. Acesso em: 12 fev. 2018.

IPEA. **Relatório brasileiro para o habitat III**. Brasília: ConCidades, 2016.

IPPOLITI, G. A. *et al.* Análise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedoformas em microbacias na região de mar de morros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Minas Gerais, n. 29, p. 269-276, 2005.

JACOBI, P. Impactos socioambientais urbanos: do risco à busca da sustentabilidade. *In.*: MENDONÇA, F. A. (org.). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: UFPR, 2004.

JULIÃO, R. P. *et al.* **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal**. Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil; Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; Instituto Geográfico Português, 2009.

JUNIOR, A. C. G. *et al.* Marcos regulatórios estaduais em saneamento básico no Brasil. **Revista de Administração Pública RAP**, Rio de Janeiro, n. 43(1), p. 20-27, jan./fev. 2009.

KATZMAN, R. **Vulnerabilidad, activos y exclusión social en Argentina y Uruguay**. Santiago de Chile: OIT Ford, 1999.

KOBIYAMA, M. *et al.* Papel das comunidades e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. *In.*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...Florianópolis: GEDN/UFSC**, 2004. p. 834-846. (CD-ROM)

KOBIYAMA, M. *et al.* Papel da engenharia ambiental para prevenção de desastres naturais: monitoramento e modelagem. *In.*: ENCONTRO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 1, 2003: Goiânia. **Anais**. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 2003. p. 23-24.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, Uberlândia, v. 4, n. 12, p. 90-106, dez. 2012.

LEMO, M. F. C.; MOREIRA, D. de A.; REGO, Luiz F. G.. **Gestão local de recursos hídricos: uma reflexão para a cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2016.

LEOPOLD, L. B. Hydrology for urban planning: a guide book on the hydrologic effects on urban land use. **Geological survey circular**, Whashington, n. 554, 1968. 18 p.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade da água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 219-228, jul./set. 2005.

LIEBER, R. R.; LIEBER, N. S. L. Dialogando com o risco. *In.*: MINAYO, M. C. S.; MIRANDA, A. C. **Saúde e ambiente sustentável**: estreitando nós. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2002. 344 p.

LIMA, M. D. V.; RONCAGLIO, C. Degradação socioambiental urbana, políticas públicas e cidadania. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Paraná n. 3, p. 53-63, jan./jun. 2001.

LIMA, W. P. Função hidrológica da mata ciliar. *In.*: BARBOSA, L. M. (coord.). **Simpósio sobre mata ciliar**. Anais. São Paulo: Fundação Cargill: 1989. p. 25-42.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. 253 p.

MACEDO, E. S.; BRESSANI, L. A. (org.). **Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo**. São Paulo: ABGE; ABMS, 2013. 88 p.

MAGALHÃES, L. F. A. Fontes de dados demográficos e estudos de população em Santa Catarina. **Revista NECAT**, Santa Catarina, ano 4, n. 7, p. 23-37, jan./jun. 2015.

MARANDOLA JUNIOR, E.; HOGAN, D.J. As dimensões da vulnerabilidade. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan./mar. 2006.

MARANDOLA JUNIOR, E.; HOGAN, D.J. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. *In.*: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS DA ABEP, 14, 2004, Caxambú. Caxambú, MG: 2004.

MARANDOLA JUNIOR, E. Tangenciando a vulnerabilidade. *In.*: HOGAN, D.J.; MARANDOLA JUNIOR, E. (org.). **População e mudança climática**: dimensões humanas das mudanças ambientais globais. Campinas: Nepo; Unicamp, 2009.

MARQUES, C. **Desafios teóricos e tendências recentes na demografia espacial e ambiental brasileira**. Trabalho apresentado no XVIII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, realizado em Águas de Lindóia, MG – Brasil, de 19 a 23 de novembro de 2012.

MARTINE, G.; McGRANAHAN, G. A transição urbana brasileira: trajetória, dificuldades e lições aprendidas. *In.*: BAENINGER, Rosana. **População e**

**cidades:** subsídios para o planejamento e para as políticas sociais. Campinas: Nepo, Unicamp; Brasília: UNFPA, 2010. 304p.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática.** São Paulo: Contexto, 2003.

MENDONÇA, F. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos: a contingência climática. **Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 153-163, dez. 2010.

MENDONÇA, F. Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambiental urbana: inovações na análise geográfica. **Revista da ANPEGE**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, n. esp., p. 111-118, out. 2011.

MENDONÇA, F.; LEITÃO, S. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **GeoTextos**, Bahia, v. 4, n. 1-2, p. 145-163, 2008.

MINAMI, K.; MELO, P. C. T. **Introdução à olericultura.** São Paulo: USP, 2013. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/lpv/lpv0480/introducao%20a%20olericultura%202013.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2018.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Sistema nacional de informações sobre saneamento:** série histórica. Brasília: Disponível em: <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 11 dez. 2018.

MIRANDA, A. H. M. **Apontamentos sobre a história de Teresópolis.** 2006. Texto para uso técnico – elaboração do Parecer Técnico que fundamenta o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Teresópolis. Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro, Teresópolis, 2006.

MOORE, I.D.; *et al.* Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society American Journal**, Wisconsin, n. 57, p. 443-452, 1993.

MORAIS, M. P. Breve diagnóstico sobre o quadro atual da habitação no Brasil. **Políticas sociais:** acompanhamento e análise, Brasília, n. 4, p. 109-118, 2002.

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais:** abrangência América do Sul. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OJIMA, R. A vulnerabilidade socioambiental como conceito interdisciplinar: avanços e potencialidades para pensar mudanças ambientais. Cronos: **Rev. Pós-Grad. Ci. Soc.**, Natal, v. 13, n. 1, p. 110-120, jan./jun. 2012.

OJIMA, R. Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos: uma abordagem socioespacial em

aglomerações urbanas brasileiras. **Rev. bras. Est. Pop.**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 277-300, jul./dez. 2007.

OLIVEIRA, G. G. de.; GUASSELLI, L. A.; SALDANHA, D. L. Influência de variáveis morfométricas e da distribuição das chuvas na previsão de enchentes em São Sebastião do Caí, RS. **Revista de Geografia**, Recife, v. esp., n. 3, p. 140-155, set. 2010.

OLIVEIRA, R. S. **Análise da eficiência da Legislação Federal nº4.771/65 e do Decreto Estadual nº 42.484/2010 para demarcação de FMP, comparada com o Mapeamento de Inundação Específico do Rio Príncipe – Teresópolis, na enchente de janeiro de 2011**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – PUC-Rio, 2011.

OSCAR, J. **História de Teresópolis**: síntese cronológica. Rio de Janeiro: Editora Cromos, 1991.

PADOIN, I.G; VIRGOLIN, I.W.C. **A vulnerabilidade social como uma dificuldade à participação política**. Rio Grande do Sul: Unicruz, 2010. Disponível em: [http://www.unicruz.edu.br/15\\_seminario/seminario\\_2010/CCSA/A%20VULNERABILIDADE%20SOCIAL%20COMO%20UMA%20DIFICULDADE%20A%20PARTICIPA%C3%87%C3%83O%20POL%C3%8DTICA.pdf](http://www.unicruz.edu.br/15_seminario/seminario_2010/CCSA/A%20VULNERABILIDADE%20SOCIAL%20COMO%20UMA%20DIFICULDADE%20A%20PARTICIPA%C3%87%C3%83O%20POL%C3%8DTICA.pdf). Acesso em: 12 de janeiro de 2018

PEREIRA, A. S. Análise das tendências de aplicação do conceito de periurbano. **TerraPlural**, Ponta Grossa, v. 7, n. 2, p. 287-304, jul/dez. 2013.

PERROW, C. **Normal accidents**: living with high risk technologies. New York: Basic Books, 1984.

PINHO, C. M. D.; KUX, H. J. H.; ALMEIDA, C. M. Influência de diferentes padrões de ocupação do solo urbano na qualidade de mapeamentos de cobertura do solo em imagens de alta resolução espacial: estudo de caso de São José dos Campos (SP). *In.*: BLASCHKE, T.; KUX, H. (org). **Sensoriamento remoto e SIG avançados**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

PINTO, A. L.; CARVALHO, E.; SILVA, P. Riscos naturais e carta de riscos ambientais: um estudo de caso da Bacia do Córrego Fundo. **CLIMEP**: climatologia e estudos da paisagem, Aquidauana, MS, v. 2, n. 1, 2007.

PIRES, E. G.; BORMA, L. S. Utilização do modelo hand para o mapeamento de bacias hidrográficas em ambiente de Cerrado. *In.*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais**. Foz do Iguaçu: INPE, 2013.

PISSARA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia

hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Rev. Bras. Ciências do Solo**, Viçosa, n. 28, p. 297-305, 2004.

PLANO municipal de saneamento básico de Teresópolis: relatório síntese. Teresópolis: Encibra, 2015. Versão Final P8.

PLANO regional de saneamento com base municipalizada nas modalidades água, esgoto e drenagem urbana dos municípios de: Areal, Carmo, São José do Vale do Rio Preto, Sapucaia, Sumidouro e Teresópolis. Rio de Janeiro: Consorcio Encibra, 2014. Disponível em: <http://comitepiabanha.org.br/caracterizacao-municipal/teresopolis.pdf>. Acesso em: 19 de março de 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESÓPOLIS. **Cedae amplia rede de abastecimento em Teresópolis**. Disponível em: <https://teresopolis.rj.gov.br/cedae-amplia-rede-de-abastecimento-enteresopolis/>. Acesso em: 11 dez. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESÓPOLIS. **Plano diretor de desenvolvimento sustentável de Teresópolis**: situação atual do município. Teresópolis: Prefeitura Municipal, 2006. p. 111-113.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008**: combater as alterações climáticas: solidariedade humana num mundo dividido. Nova Iorque: PNUD, 2007.

REBELO, F. **Riscos naturais e ação antrópica**. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003.

ROBAINA, L. E. S. Espaço urbano: relação com os acidentes e desastres naturais no Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, n. 30(2), p. 93-105, 2008.

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

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: UFU, 2007. 248 p.

ROSENFELDT, Y. A. Z.; LOCH, C. O uso de imagens multitemporais para o planejamento urbano e caracterização de áreas irregulares. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 65/6, p. 1153-1166, nov./dez. 2013.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *In.*: **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, 1994.

RUA, E. R.; RANDOLPH, R. Dinâmica demográfica, domicílios em áreas rurais e novas formas de urbanização na franja da região metropolitana do Rio de Janeiro: uma proposta para o debate. *In.*: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 19, 2014. São Paulo: ABEP, 2014

SALES, C. M. **A dinâmica do espaço urbano**: análise da evolução da mancha urbana do Vetor Norte da RMBH por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. 2010. Monografia (especialização) – Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

SAMPAIO, T. V. M. Diretrizes e procedimentos metodológicos para a cartografia de síntese com atributos quantitativos via álgebra de mapas e análise multicritério. **Boletim de geografia**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 121-131, 2012.

SANTOS, A. P. *et al.* O uso da análise multicritério no mapeamento da fragilidade social da área urbanizada do município de Viçosa. **Revista Brasileira de Cartografia**, Viçosa, MG, n. 64/5, p. 635-643, 2012.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1993.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo**: globalização e meio técnico-científico informacional. São Paulo: HUCITEC, 1994.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. Santa Catarina: Editus, 2002.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society America Bulletin**, Virginia, v. 67, p. 597-646, 1956.

SEBRAE. **Painel Regional Serrana II**. Rio de Janeiro: SEBRAE, 2015.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Mapa geológico simplificado do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: DRM, 2008. Escala 1: 500.000.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Megadesastre da Serra**. Rio de Janeiro: DRM, 2011. 89 p.

SILVA, C. M. R. **Impactos Ambientais**: importância da preservação do fundo de vale da cidade de Teresópolis. Curitiba: UFPR, 2012.

SILVA, F. A. D. **Análise da susceptibilidade a escorregamentos de massas na bacia do rio Paquequer, Teresópolis - Estado do Rio de Janeiro, utilizando os modelos SINMAP e SHALSTAB**. Rio de Janeiro: UERJ, 2006.



SILVA, L. O. A organização do espaço construído e qualidade ambiental: o caso da cidade de São Paulo. *In.*: GRIMBERG, E. (org.). **Ambiente urbano e qualidade de vida**. São Paulo: Polis, 1991.

SILVA, L. S.; TRAVASSOS, L. Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, n. 19, p. 27-47, jan./jun. 2018.

SILVA, V. V.; SILVEIRA, C. S. Dinâmicas de regeneração, degeneração e desmatamento da vegetação provocadas por fatores climáticos e geomorfológicos: uma análise geoecológica através de SIG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 1025-1034, 2010.

SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 1., 2002, Aracaju. **Anais**. Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2002.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Série Histórica**. Disponível em: <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 02 fev. 2019.

SOARES, M. Letramento em ensaio: como definir, como avaliar, como medir. *In.*: LETRAMENTO: um tema em três gêneros. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2009.

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 79-97, 2012.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Unidades de conservação municipais da Mata Atlântica**. São Paulo, 2017. 104 p. Relatório técnico.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto geológico, 2009.

TOMLIN, D. **Geographic information systems and Cartographic Modeling**. New York: Prentice Hall, 1990.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. 69 p.

TORRES, H.G. A demografia do risco ambiental. *In.*: TORRES, H.G. e COSTA, H. (Org.). **População e meio ambiente: debates e desafios**. São Paulo: Senac, 2000. p. 53-73.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Estudo socioeconômico 2004 Teresópolis**. Rio de Janeiro: Secretaria Geral de Planejamento, 2004. 104 p.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, C. E. M. Aspectos Institucionais do Controle das Inundações Urbanas. *In.*: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTROOESTE, 1, 1999, Brasília. Brasília: [s.l.], 1999.

TUCCI, C.E.M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **REGA**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 59-73, jan./jun. 2004.

UNESCO. **Alfabetismo funcional em siete países de América Latina**. Santiago de Chile: UNESCO, 2000.

UNITED NATIONS. **Principles and recommendations for population and housing censuses**. Statistical Papers, série M, n. 67. New York: United Nations Statistical Office, Department of International Social and Economic Affairs, 1980.

UNITED NATIOS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. **Urbanization and development: emerging futures**. World cities report 2016. Kenya: United Nations Human Settlements Programme, 2016.

UNESCO: **The experimental world literacy program: a critical assessment**. Paris: UNESCO, 1976. p. 177-182.

VELOSO, H. P.; FILHO, A. L. R. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124 p.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

VIGNOLI, J. R.. Vulnerabilidad y grupos vulnerables: un marco de referencia conceptual mirando a los jóvenes. **Serie Población y desarrollo**, Santiago de Chile, n. 7, 2006.

VOOGD, J. H. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. [s.l.]: [s.n.], 1982. 388 p.

WATTS, M. J.; BOHLE, H. G. The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine. **Progress in Human Geography**, [California], n. 17-1, p. 43-67, 1993.

WENG, Q.; QUATTROCHI, D. A. **An introduction to urban remote sensing in urban remote sensing**. Oxford: Taylor & Francis, 2007.

WILCHES-CHAUX, G. La vulnerabilidad global. *In.*: MASKREY, Andrew. (org.). **Los desastres no son naturales**. Bogotá: Tercer Mundo Editores, 1993. p. 9-50.

XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. 228 p.

YAGER, R. R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. *In.*: IEEE transactions on systems, man cybernetics, [Macau] n. 18(1), p. 183-190, jan./fev. 1988.

ZOLO, D.; BECK, U. A sociedade global do risco: um diálogo entre Danilo Zolo e Ulrich Beck. **Revista Prim@ Facie**, ano 1, n. 1, p. 18-39 , jul./dez, 2002.